Association Internationale Permanente
des Congrès de la Route

IIe CONGRÈS

BRUXELLES

1910

RAPPORTS (1ère Section)

IIe CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA ROUTE

BRUXELLES 1910

1re Section. — CONSTRUCTION ET ENTRETIEN

Sous-Section A : Construction et entretien hors des grandes villes

	Nº d'ordre des Rapports	
		QUESTIONS Nos 1 à 3 inclusivement en Communication Nº 3
NORVÈGE	1	Skougaard (J), Directeur Général des Ponts et Chaussées, Christiania.
		1re QUESTION
		Chaussé[illegible] lans la constitution des c[illegible] roulement dans les chaus[illegible] ısure et la poussière.
		[illegible] eur en chef [illegible] lles.
ALLEMAGNE	2	Sperber, [illegible] furt a/M.
AUTRICHE	3	Bradaczel[illegible]
BELGIQUE	4	Froidure, [illegible] ; Verstraete, Ingénieur des Po[illegible]
BULGARIE	5	Karakoul[illegible] a,
ESPAGNE	6	Sanchis, [illegible]
ÉTATS-UNIS	7	Blanchar[illegible] ıode Island, Providence.
	8	Crosby, [illegible] nic Survey, Baltimore.
	9	Fletcher, [illegible] on.
	10	Sr. Percy [illegible] Albany.
	10 bis	Harold P[illegible] n, Boston.
FRANCE	11	Le Gavri[illegible]
	12	Saunier, [illegible]
Gde-BRETAGNE	13	Drummon[illegible] of Scotland and County Survey[illegible]
HONGRIE	14	Glasner, [illegible]
ITALIE	15	Tedeschi, [illegible]
SUISSE	16	Étier, Co[illegible]
		Fondatic[illegible] d'exécution.
		[illegible] eur en chef [illegible] n.
AUTRICHE	17	Böltz, k. [illegible]
BELGIQUE	18	Van Volsom, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Bruxelles.
ÉTATS-UNIS	18 bis	Vernon M. Peirce, Chief Engineer, Washington.
FRANCE	19	Pierret, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Amiens.
	20	Lelièvre, Agent voyer d'arrondissement honoraire, Versailles.
ITALIE	21	Vandone, Ingénieur en chef de la Province de Milan.
		3e QUESTION
		Établissement de Chemins de fer d'intérêt local et de tramways sur routes. Avantages et inconvénients. Influence sur le mode et les dépenses d'entretien.
		III. — Rapporteur Général : **M. BONNEVIE**, Ingénieur en chef des Chemins de fer Vicinaux, Bruxelles.
ALLEMAGNE	22	Gerlach. Königl. Baurat und Stadtbaurat, Berlin.
AUTRICHE	23	Ullmann, Ingénieur en chef des Tramways, Vienne.
ESPAGNE	24	Spiteri, Ingegnere Jefe de Caminos, Canales y Puertos, Malaga.
FRANCE	25	Galliot, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Dijon.
Gde-BRETAGNE	26	Wynne Roberts, M. Inst. C. E., F. R. San. Inst., Westminster, London,
HONGRIE	27	Von Sztrókay, Oberingenieur, Budapest.
ITALIE	28	Toller, Ingénieur, Milan.
PAYS-BAS	29	Gelinck et Van Heyst, Ingénieurs du Waterstaat, Assen et Zutphen.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

Emploi des matières bitumineuses
dans la construction des chaussées

ANALYSES ET EXPÉRIENCES

PROPOSÉES PAR LA

Société américaine des Ingénieurs Civils

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NOTE DU BUREAU EXÉCUTIF

DE

l'Association internationale permanente
des Congrès de la Route

L'Association américaine des Ingénieurs civils, frappée de la diversité des produits bitumineux employés dans la construction des routes, s'est préoccupée de rechercher les propriétés caractéristiques de ces produits et de déterminer celles d'entre elles qui ont un effet utile sur les chaussées.

Il lui a semblé, en effet, que, surtout en Amérique où les matières bitumineuses et asphaltiques sont très abondantes et où leur utilisation sur les routes a été particulièrement essayée, il est possible de donner pour leur composition désirable des indications suffisamment précises.

L'Association a, en conséquence, créé une Commission spéciale et l'a priée de procéder à une enquête complète.

Cette Commission, composée de MM. W. Crosby, Président; H.-K. Bishop, A.-W. Dean et A.-H. Blanchard, Secrétaire, propose de soumettre les matières bitumineuses à une série d'analyses et d'expériences déterminées et a adressé à tous les constructeurs de Routes des États-Unis un questionnaire détaillé.

Ce programme et ce questionnaire ont paru au Bureau exécutif de l'Association Internationale permanente des Congrès de la Route des plus intéressants, et nous en transmettons une copie à tous nos adhérents en les priant de faire connaître leurs observations, s'il y a lieu, au Bureau exécutif, 1, avenue d'Iéna à Paris.

SOCIÉTÉ AMÉRICAINE DES INGÉNIEURS CIVILS

Commision spéciale des Matières bitumineuses pour Routes.

LISTE DES ANALYSES ET EXPÉRIENCES PROPOSÉES PAR LA COMMISSION POUR LES MATIÈRES BITUMINEUSES

JUILLET 1909

GOUDRONS

Matières solubles dans l'eau. — Faire bouillir doucemen 2 grammes de la matière avec 25 c. c. d'eau distillée pendant 1 heure. Filtrer et laver avec 25 c. c. d'eau bouillante. Faire évaporer le produit filtré dans un plateau *taré* jusqu'à ce qu'il soit sec et garde un poids constant à 105° C. *Peser* le résidu. Faire flamber le résidu et le *peser à nouveau* en indiquant le poids de la matière inorganique plus le poids du creuset. Le poids n° 2 moins le poids n° 3 donne le poids de matière organique.

Densité. — Employer un densimètre quelconque. La matière et l'eau distillée doivent être à 25° C.

Pour les matières demi-solides et solides, employer le densimètre de Sommer.

Carbone libre. — La teneur en carbone libre peut être déterminée en dissolvant, pendant 15 heures, 2 grammes du composé dans 100 c. c. de sulfure de carbone froid; filtrer la solution à travers un creuset de Gooch *taré* avec un tampon d'amiante; sécher jusqn'à ce que le produit garde un poids constant et peser le résidu insoluble; mettre alors le feu au creuset jusqu'à ce que tout le carbone soit consumé; peser le résidu (cendre). La différence entre les poids n° 2 et n° 3 représente le « Carbone libre ». La différence entre les poids n° 1 et n° 3 représente la cendre et doit être relevée.

Carbone fixe. — On pèse 1 gramme environ du composé dans un creuset de platine ayant de 1 pouce 1/8 à 1 pouce 1/2 de hauteur (2^{cm},86 et 3^{cm},81). On chauffe le creuset, avec son couvercle, d'abord doucement, jusqu'à ce qu'il ne s'échappe plus de fumée ni de flamme entre le creuset et son couvercle. Chauffer alors 3 minutes 1/2 à plein feu; refroidir et peser. Enlever le couvercle du creuset et laisser alors le creuset et son contenu en plein feu jusqu'à ce que le carbone soit consumé; peser à nouveau. La différence entre ces 2 pesées représente le « Carbone fixe ».

Évaporation. — On chauffe 20 grammes du composé dans un plateau à fond plat, de 2 pouces 1/2 (6^{cm},35) de diamètre et d'environ 1 pouce (2^{cm},54) de hauteur, pendant 5 heures au total par périodes de 3 heures, une heure et une autre heure respectivement, dans un four dont l'intérieur est maintenu à une température uniforme et constante de 170° C. Le contrôle sur le four doit s'exercer à l'aide d'un régulateur de chaleur à 2 degrés et il doit avoir été porté à son maximum de température avant l'introduction du composé. Le plateau doit être horizontal. Enlever le plateau du four et remuer le contenu comme il faut pendant une minute entre les périodes successives d'évaporation.

Pénétration du résidu de l'épreuve d'évaporation. — La pénétration doit être mesurée par un appareil-type avec 100 grammes de charge et l'aiguille n° 2. Se servir d'un plateau en verre à fond plat de 7/8 de pouce (2^{cm},22) de diamètre et 1 pouce 1/2 (38^{cm},1) de hauteur. Remplir bord à bord de matière et laisser reposer à la température ambiante pendant 1/2 heure. Plonger dans un bain d'eau couvrant la matière pendant 1 heure. Plonger l'aiguille à employer pendant 5 minutes dans le même bain. Faire aussitôt l'essai, avec trois déterminations. La pénétration enregistrée sera la moyenne des trois. Température : 4° C et 25° C.

(Note) : Le résidu doit être fondu à la température la plus basse possible et parfaitement mélangé en remuant.

Point de fusion du résidu après évaporation. — On fait fondre la matière dont on veut déterminer le point de fusion et l'on verse dans un moule de 1/2 pouce cube (1^{cm},613). Un fil n° 10 de 6 à 8 pouces de longueur (15^{cm},24 à 20^{cm},32) est recourbé à angle droit sur une longueur de 3/4 de pouce (1^{cm},90) à une extrémité et le centre du cube est placé sur cette extrémité de façon qu'une des diagonales de la face verticale du cube soit parallèle à la partie la plus longue du fil. Prendre une bouteille d'environ 2 pouces de diamètre (5^{cm},58) et 4 pouces (10^{cm},16) de hauteur et mettre un

morceau de papier blanc au fond. Faire passer la partie la plus longue du fil à travers le bouchon de la bouteille, de façon que le bord inférieur du cube soit à un pouce ($2^{cm},54$) du fond de la bouteille. Mettre aussi dans le bouchon un thermomètre de façon que le renflement soit opposé au cube. Mettre la bouteille dans un bain d'eau ou d'huile et élever la température du bain à raison de 5° à 6° C par minute. Le point de fusion de la matière est la température du thermomètre à l'intérieur de la bouteille au moment où la matière atteint le papier placé au fond de la bouteille.

Distillation :

Jusqu'à 105° C.

De 105° C à 170° C.

De 170° C à 225° C.

De 225° C à 270° C.

De 270° C à 300° C.

On pèse 700 grammes du composé dans une cornue (E. et A. 4 pintes n° 4521) dont le haut est muni d'un té aussi hermétique que possible pour la cornue et d'un tube de condensation de 24 à 36 pouces de longueur ($60^{cm},95$); on se sert de la branche supérieure du té pour disposer un thermomètre dont le renflement doit venir immédiatement en dessous du principal tube d'échappement du té.

Viscosité ou consistance. — Les températures auxquelles la viscosité sera déterminée sont celles de 100° C et 25° C.

On se servira du pénétromètre en suivant la méthode-type pour les matières solides, aux deux températures susmentionnées.

Pour les matières qui ne permettent pas l'emploi du pénétromètre à ces températures, on déterminera la densité à l'aide de l'un des instruments suivants :

Viscosimètre d'Engler;

Appareil d'essai du goudron de Lunge ;

Viscosimètre du laboratoire d'essais de New-York.

COMPOSÉS DU PÉTROLE OU DE L'ASPHALTE NATIF

Point de fusion des asphaltes solides. — Même méthode que pour les résidus de l'évaporation des goudrons.

Matière soluble dans l'eau. — Même méthode que pour les goudrons.

Densité. — Même méthode que pour les goudrons.

Carbone libre. — Même méthode que pour les goudrons.

Matière soluble dans le tétrachlorure de carbone à froid. — Même méthode que pour le carbone libre, à cela près qu'on se sert de tétrachlorure de carbone, à la place de sulfure, comme dissolvant.

Carbone fixe. — Même méthode que pour les goudrons.

Paraffine. — On distille rapidement 100 grammes (au plus) du composé dans une cornue pour sécher le coke.

On traite 5 grammes du distillat bien mélangé dans un flacon de 2 onces ($5^{gr},88$) avec 25 centimètres cubes d'éther absolu de Squibbs; après mélange intime, on ajoute 25 centimètres cubes d'alcool absolu de Squibbs et on plonge le flacon dans un mélange réfrigérant de glace bien pilée et de sel pendant au moins 30 minutes. Filtrer le précipité rapidement au moyen d'une pompe aspirante, en se servant d'un papier-filtre dur n° 575 CS et S de 9 centimètres. Rincer et laver le flacon. Précipiter (avec de l'alcool de Squibbs et de l'éther en proportions égales, refroidis à —17° C) jusqu'à ce que l'huile soit complètement isolée (50 cc. de solution de lavage suffit ordinairement). Quand l'aspiration est terminée, enlever le papier, reporter le précipité visqueux sur un petit plateau de verre, évaporer au bain de vapeur et peser la paraffine restant sur le plateau.

Calcul. Le poids de la paraffine divisé par le poids du distillat et multiplié par le pourcentage du distillat par rapport à l'échantillon primitif, égale le pourcentage de paraffine.

Epreuve d'évaporation n° 1. — Même méthode que pour les goudrons.

Pénétration du résidu de l'épreuve d'évaporation n° 1. — Même méthode que pour les résidus analogues des goudrons.

Point de fusion des résidus de l'évaporation n° 1. — Même méthode que pour les résidus analogues des goudrons.

Solubilité dans l'huile de naphte à 88° *Baumé.* — On met 2 grammes de composé dans une fiole à huile de 4 onces et l'on complète les 100 centimètres cubes avec de l'huile de naphte à 88° Baumé ayant son point de fusion entre 40° et 55° C; on agite le tout comme il faut jusqu'à dissolution complète du composé. On soumet alors la fiole pendant 10 minutes à un mouvement centrifuge; on retire 50 centimètres cubes qu'on reverse dans un flacon *taré*; on distille l'huile de naphte par un bain aqueux et on pèse le résidu. 10 autres centimètres cubes de solution de naphte sont reportés sur un verre de Petri de 3 pouces 1/2 ($8^{cm},89$) et soumis à une

évaporation de 24 heures à la température ambiante. Noter la nature du résidu, gluante ou huileuse.

Viscosité ou consistance. — Comme pour les goudrons.

Épreuve d'évaporation n° 2. — Même méthode que pour les goudrons; mais la température du four est portée à 205° C.

Pénétration du résidu de l'évaporation n° 2. — Même méthode que pour les goudrons.

Point de fusion du résidu de l'évaporation n° 2. — Même méthode que pour les goudrons.

SOCIÉTÉ AMÉRICAINE DES INGÉNIEURS CIVILS

Commission spéciale des Matières bitumineuses pour routes

Commission :

W. W, Crosby, Président; **H. K. Bishop**, **A. W. Dean**, **A. H. Blanchard**, Secrétaire.

Renseignements concernant l'emploi des matières bitumineuses dans le revêtement des routes

Renseignements généraux.

État .... Comté ....
Ville .... Route ....
Entrepreneur ....
Longueur de la route ....
Largeur de l'empierrement (moyenne) ....
Superficie — (totale) ....
Épaisseur du revêtement après cylindrage; superficie des parties ayant :
2 pouces .... y. q.; 4 pouces .... y. q.; 6 pouces .... y. q.
8 pouces .... y. q.; 10 pouces .... y. q.; 12 pouces .... y. q.
Flèche au sommet, maximum ....; minimum ....
Nature du sous-sol (1) ....
Pourcentage de la déclivité (maximum) : Long .... pieds .... p. 100.
— — (minimum) : — .... — .... —
— — (moyenne) (2) — .... — .... —
Date du commencement des travaux d'empierrement ....
— de l'achèvement — — ....
Moyenne de l'avancement de l'empierrement par jour de travail : .... yards carrés.
Nombre d'heures moyen par jour de travail .... heures.

Catégorie dans laquelle se range la chaussée ou genre de circulation.

....

....

Nota. — 1 pouce = 0m,025399; — 1 pied = 0m,304994;
1 livre = 0k,45359; — 1 tonne = 1016k,0475.

Intensité de la circulation ou recensement pendant.................. heures (moyenne) (3).

Dates des recensements..

	Véhicules à vide.	Véhicules chargés.	Charge maximum par pouce de bandage (en livres).	Voitures de voyageurs.
Véhicules à chevaux.				
Voitures à 1 cheval (collier). .				
— 2 — . .				
— 3 — . .				
— 4 — . .				
— 5 — . .				
— 6 ou plus				
Véhicules automoteurs.				
Motocyclettes.				
Voiturettes automobiles. . . .				
Voitures de tourisme (4 à 5 pl.).				
Voitures de tourisme (6 à 7 pl.), y compris les limousines et landaulets				
Camions ou tapissières				

Mode d'exécution.

(Macadam, gravier, sable ou autre revêtement, et, au cas d'utilisation des matières bitumineuses, indication de la méthode, soit de mélange, soit de pénétration, etc.).

....

....

....

Fondation artificielle; nature (4)..

....; épaisseur..........................

Parcours des charrois.

Parcours moyen des charrois de gravier.. milles
— — pierre.. —
— — sable.. —
— — matériaux de revêtement.......... —
— — matières bitumineuses................. —
— — liant ou gros sable.............................. —
— — .... —
— — .... —

Coût de la main-d'œuvre (par jour).

Contremaître	$........	Cylindre et ingénieur . .	$........
Main-d'œuvre (ordinaire).	....	Tonneau d'arrosage ou épandeuse	....
— (spéciale)..	....	Piocheuse	....
Voiture à 1 cheval et conducteur. .	....	....	....
— 2 — —	....	....	....
— 3 — —	....	....	....

Outillage (5).

Cylindres : nombre........ ; nature........ ; poids........tonnes
Voitures d'arrosage : — .... ; — .... ; contence........gallons
Appareils d'huilage : — .... ; — .... ; — .... —
Piocheuses : — .... ; — .... ; poids........tonnes
....
....
Installation pour les mélanges..
....
....
....
Chaudières et accessoires..
....
....
....
Appareils de distribution..
....
....

Substances

Substance bitumineuse.

Genre de substance..
Nom dans le commerce..
Achetée à..
Provenance du chargement..
Fourni par l'entrepreneur ou par l'administration..................................

Caractéristiques et analyses (6).

	Composés du goudron.	Composés de l'asphalte.
Densité		
Matière soluble dans l'eau (organiques)	pour cent	pour cent
— — — (inorganiques)	—	—
Carbone libre	—	—
Cendres	—	—
Solubilité à froid dans le tétrachlorure de carbone		—
Carbone fixe	pour cent	—
Paraffine		—
Point de fusion de la substance normale	degrés	degrés
Évaporation pendant 5 heures à 170° C.	pour cent	pour cent
Point de fusion du résidu	degrés	degrés
Pénétration du résidu à 4° C.		
— — 25° C.		
Évaporation pendant 5 heures à 205° C.		pour cent
Point de fusion du résidu		degrés
Pénétration du résidu à 4° C.		
— — 25° C.		
Solubilité dans l'huile de naphte à 88° B.		pour cent
Nature de la solution (huileuse ou gluante)		
Distillation jusqu'à 105° C.	pour cent	
— de 105° à 170° C.	—	
— de 170° à 225° C.	—	
— de 225° à 270° C.	—	
— de 270° à 300° C.	—	
Viscosité à 100° C. (7)		
Viscosimètre Engler	secondes	secondes
Appareil à essayer le goudron, de Lunge	—	—
Pénétromètre		
Viscosimètre du Laboratoire de New-York		
Viscosité à 25° C. (7)		
Viscosimètre Engler	secondes	secondes
Appareil Lunge à essayer le goudron	—	—
Pénétromètre		
Viscosimètre du Laboratoire de New-York		
....		
....		

Renseignements relatifs à l'exécution.

Quantité de substance bitumineuse employée par yard carré (en gallons) :
Première couche............ Seconde couche............
Surface du revêtement............ Total............
Température à laquelle la substance a été chauffée :
Première couche............ Seconde couche............
Surface du revêtement............
Température ambiante pendant l'application de la substance bitumineuse :
Maximum............ Minimum............ Moyenne............
Date à laquelle a commencé l'application............
— — s'est terminée l'application............
Consommation moyenne de la substance (par jour, en gallons) :
Première couche............ Seconde couche............
Surface du revêtement............
État général du temps pendant l'application............
Prix de revient des substances bitumineuses (par gallon)............
Prix de transport — — — ....
Prix du chargement et des charrois des substances bitumineuses (par gallon)............
Prix de revient total à pied d'œuvre des substances bitumineuses (par gallon)............
Prix de revient de chauffage des substances bitumineuses (par gallon)............
Prix de revient du répandage et du mélange des substances bitumineuses (par gallon) :
Première couche............ Seconde couche............
Surface de revêtement............
Prix de revient total de la substance appliquée (par gallon)............
— — — (par yard carré)............
Prix de revient total de la substance appliquée à forfait (par yard carré)............

Empierrement.

	Fondation Telford ou autre.	1re couche.	2e couche.	Liant ou sable.	Totaux.
Nom (8) des matériaux employés.					
Essai d'usure par frottement (9) des matériaux employés					
Essai d'absorption des matériaux employés					
Cassure (10) des matériaux empl.					
Résistance à l'écrasement des matériaux employés (livres par pouce).					
Épaisseur après cylindrage des matériaux employés.					
Grosseur (11) des matériaux empl.					
Quantité (en tonnes) ou yards cubes (12) de matériaux empl.					
Prix de revient des matériaux employés par tonne ou yard cube (12).					
Prix du transport des matériaux employés par tonne ou yard cube (12).					
Prix du chargement et des charrois des matériaux employés par tonne ou yard cube (12)					
Prix du revient total à pied d'œuvre des matériaux employés par tonne ou yard cube (12)					
Coût du piochage et de la mise en forme de l'ancien revêtement, par yard carré.					
Coût de la pose ou répandage des matériaux, par yard carré . . .					
Coût de l'arrosage et du cylindrage des matériaux, par yard carré.					
Coût total des matériaux tout posés, par yard carré.					
Prix à forfait des matériaux tout posés, par yard carré					
....					

Nota. — 1 gallon = 3^{lit},785; 1 yard = 0^{m},91438.

Observations.

....

....

....

....

....

....

Notes et explications.

(1) En indiquant « la nature du sous-sol », dire s'il est sablonneux, argileux, glaiseux ou autre, et s'il se laisse comprimer facilement et à fond par le cylindrage.

(2) Le pourcentage « moyen » des déclivités s'obtient en multipliant la longueur de la déclivité par son pourcentage, en additionnant tous les produits ensemble et en divisant par la longueur totale.

(3) Si possible, il conviendrait de fixer la « moyenne » par deux ou trois déterminations séparées. Indiquer le nombre de déterminations sur lesquelles est calculée la moyenne.

(4) Après « Fondation artificielle, nature », il devrait être donné des renseignements suffisants pour indiquer si l'on met simplement un lit de gravier, de sable ou autre matière, ou si l'on établit une fondation à la main en grosses pierres ou enfin si l'on dispose sur le sous-sol une couche de pierres concassées qu'on y fait pénétrer par cylindrage avant de procéder au revêtement même.

(5) Sous la rubrique « outillage », doivent être portés tous les frais de louage.

(6) Pour les modes de détermination, voir ci-après la « Liste des Analyses et Essais proposés par la Commission pour les matières bitumineuses ».

(7) Pour la « viscosité », les chiffres indiqués ne peuvent être que ceux mêmes du ou des instruments dont on s'est servi dans chaque espèce.

(8) Donner, si possible, le « nom géologique » des matériaux employés pour chaque couche. Voir « Roches » de Kemp.

(9) « L'essai d'usure par frottement » doit être résumé par le cœfficient d'usure adopté en France.

(10) La « cassure » doit être caractérisée par les mots « prismatique » ou « en écaille ».

(11) La « grosseur » doit être représentée par le maximum et le minimum des mailles de claie au travers desquelles peuvent passer les matériaux.

(12) Biffer l'unité dont on ne se sert pas.

Nom..

Titre...

Adresse...

....

....

Auteur du relevé.

Date..., 19.........

(Trad. Blaevoet).

66280. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

Exposition Internationale de Turin 1911

CONCOURS

pour

encourager le perfectionnement

des

Méthodes d'entretien des Routes

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

PROVINCE DE TURIN

1er Novembre 1909.

DÉPUTATION PROVINCIALE

DIVISION TECHNIQUE

N° 4704

OBJET :

EXPOSITION INTERNATIONALE DE TURIN 1911

CONCOURS pour encourager le perfectionnement de l'entretien de la route

La province de Turin a pris l'initiative d'un Concours avec primes qui se tiendra à l'occasion de la prochaine Exposition internationale de 1911 à Turin, pour les machines et les procédés qui assurent un perfectionnement dans l'entretien des routes macadamisées.

Une Commission spéciale de techniciens a formulé le programme du Concours, annexé à la présente. Les dispositions principales en sont tracées, sous réserve de la possibilité d'en ajouter d'autres afin de tenir compte des desiderata qui viendraient éventuellement à être formulés par tous ceux qui prendraient part à ce Concours.

Les nouvelles exigences du public en matière de viabilité, les principales causes de dégradations des routes, conséquence du passage des rapides et lourds véhicules qui les parcourent en ce moment, les résultats notables de l'augmentation du prix de la main-d'œuvre et du prix de revient des matériaux d'empierrement, rendent chaque jour plus difficile et important le problème de l'entretien de la route et font sentir plus vivement le besoin de substituer, aux modes actuels, d'autres systèmes d'entretien, autant que possible, plus rapides et plus économiques.

C'est à ce but que tend le Concours que, — comme suite à une première communication faite à plusieurs provinces amies et accueillie favorablement — il y aurait lieu de porter à la connaissance des constructeurs de machines et de tous ceux qui s'intéressent à l'étude de l'entretien et de l'amélioration des routes.

Pour atteindre un tel but il est fait appel à tous ceux à qui tient à cœur le problème qui touche de près aux intérêts économiques

de la nation; et, à cet effet, le Conseil provincial a prévu un fonds de concours de 10 000 francs.

La Commission chargée d'élaborer le programme a exprimé l'avis qu'il faudrait renoncer au Concours dont il s'agit si on ne pouvait réussir à recueillir, pour les primes, au moins 50 000 francs, afin que le public italien et étranger ait intérêt à y prendre part; à cette somme il faudrait également ajouter 10 000 francs environ pour frais divers; au total au moins 60 000 francs.

Je suis convaincu qu'une telle somme sera facilement atteinte, et même dépassée, ce qui permettra de rendre les primes plus attrayantes ou d'en augmenter le nombre.

J'appelle l'attention sur les avantages que l'article 3 de ce programme assure aux administrations qui participent à ce Concours.

Comme il est désirable que ce Concours soit annoncé le plus tôt possible, en raison des traités nécessaires et des engagements consécutifs avec le Comité de l'Exposition de 1911, je fais appel à toute votre sollicitude pour que votre adhésion me soit adressée en vue de votre participation financière audit Concours avec l'engagement, pris dans les formes voulues par la loi, de verser soit en deux fois, soit en une seule fois (dans l'un comme dans l'autre cas au plus tard en janvier 1911), le montant de la quote-part que chaque participant aura acceptée.

En temps opportun, il sera notifié à chaque adhérent les résultats du concours et l'emploi des sommes recueillies, lesquelles seraient remboursées si le Concours n'aboutissait pas.

Turin, le 1er *Mai* 1910.

Le Président
de la Commission d'organisation
du Concours:
S. CASANA, Sénateur.

Le Président du Comité Exécutif
de l'Exposition Internationale
des Industries du Travail:
T. VILLA, Sénateur.

L. GIORDANO, Président de la Députation provinciale de Turin.
P. ANGRISANI, Président de la Députation provinciale de Naples.
T. ROSSI, Sénateur, Maire de Turin.

CONCOURS INTERNATIONAL

pour encourager le Perfectionnement de l'Entretien de la Route

SCHEMA DU PROGRAMME

A l'occasion de l'Exposition qui se tiendra à Turin en 1911, l'Administration provinciale de Turin, d'accord avec d'autres Sociétés confraternelles et autres adhérents, ouvre un Concours international entre les machines et les procédés présentant un perfectionnement relativement aux conditions et aux moyens à l'aide desquels s'effectue actuellement l'entretien des routes carrossables pavées ou empierrées.

Ce Concours est réglé de la manière suivante :

1° Il est établi quatre catégories de concours :

a) Pour une machine qui exécute, avec la moindre dépense de main-d'œuvre, plusieurs des opérations nécessaires à l'entretien de la route, de telle façon que, dans son ensemble, le travail exécuté par la machine représente un perfectionnement au point de vue de la régularité, de la rapidité et de l'économie et laisse au travail manuel, le minimum de temps pour l'achèvement de cet entretien ;

b) Pour les machines qui, de la façon la plus prompte et la plus efficace, arrivent à supprimer la poussière des routes, afin d'atténuer sensiblement le désagrément et le préjudice causés aux voyageurs par la poussière soulevée par les véhicules et surtout par les automobiles ;

c) Pour les autres machines qui réalisent une innovation ou au moins une notable amélioration sur les machines actuellement en usage et effectuant l'une quelconque des opérations de l'entretien (la préparation des matériaux exclue) ;

d) Pour les procédés qui réalisent une amélioration technique et économique importante sur les systèmes actuels d'entretien.

Le concours est ouvert entre les concurrents à l'Exposition Internationale des Industries et du Travail en 1911, à Turin.

Selon ce qui a été convenu avec le Comité Exécutif de cette Exposition, on admettra aussi au concours les maisons ou les personnes qui, sans s'être fait inscrire à l'Exposition dans le délai fixé pour la généralité des exposants, s'y seront fait inscrire avant le 15 février 1911, dans le but uniquement de prendre part au concours international pour le perfectionnement de l'entretien des chaussées, de sorte qu'à l'égard de l'Exposition Internationale, ils y seront considérés comme *hors concours*.

En plus de l'inscription au Comité Exécutif de l'Exposition Internationale, les concurrents des deux catégories devront, avant le 15 février 1911, demander à la *Commission du concours international pour le perfectionnement de l'entretien des chaussées ayant son siège à l'Administration de la Province de Turin* (*place du*

Château), à être inscrits au dit concours, en indiquant si, à l'égard de l'Exposition Internationale, ils sont exposants ordinaires ou *hors concours*. Dans le premier cas, ils devront aussi faire mention de la classe à laquelle ils appartiennent; les uns comme les autres auront à spécifier pour lequel des numéros 1, 2, 3, 4 du présent avis ils ont l'intention de concourir.

2° Les concurrents devront présenter au Comité de l'Exposition de 1911, à Turin, les machines et les matériaux relatifs au Concours, de manière à pouvoir être expérimentés à la requête du jury, appelé à juger du Concours, avec faculté accordée aux concurrents d'y ajouter les dessins, rapports et tout ce qui peut contribuer à éclairer le jury sur les produits présentés.

Les procédés, dont il est parlé au § *d*, devront être clairement expliqués au moyen d'un rapport de la présentation des machines et des matériaux, afin de ne laisser aucun doute à cet égard.

Les expériences, pour juger des machines et des procédés, seront effectuées dans la localité et avec la modalité et dans la limite de temps qui seront indiquées par le jury, avec le personnel et les matériaux fournis par les concurrents et sous leur entière responsabilité, même au regard des accidents et dommages à des tiers.

3° Les concurrents doivent faire connaître les conditions auxquelles ils se disposent à vendre les produits ou machines présentés au Concours et à en fabriquer d'autres identiques pour les Provinces et Communes qui ont pris part à ce Concours ou à concéder l'application des procédés, pour une période de trois ans au moins; et ils ne pourront pendant ce temps-là céder ou transmettre à d'autres, de quelque façon que ce soit, ce privilège éventuel sans prendre l'engagement d'observer de telles conditions.

4° Le Concours est à un seul degré et comporte les prix suivants :

Un prix de 30.000 francs.
— 10.000 —
— 5.000 —

Un ou plusieurs prix de 3.000 francs.

Le jury pourra subdiviser, réunir ou bien répartir les sommes des primes, comme aussi il pourra n'en allouer aucune, suivant sa décision irrévocable, d'après les résultats du Concours.

5° Tous les adhérents qui auront souscrit une part d'au moins 5000 francs désigneront, à raison d'autant de parts de 5000 francs constituant leurs cotisations, les membres d'une commission, laquelle choisira dans son sein un jury de 10 membres pour juger du Concours. Ces jurés nommeront ensuite, pour compléter le jury, cinq membres étrangers au plus, appartenant aux nationalités des concurrents.

66555. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

Ministère de l'Agriculture des États-Unis
(SERVICE DES ROUTES)

LOGAN WALLER PAGE
Directeur

RAPPORT

sur l'état des essais faits en 1908
pour la suppression de la poussière,
la conservation et la construction des Routes

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Publié le 11 mai 1909.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DES ÉTATS-UNIS

SERVICE DES ROUTES. CIRCULAIRE N° 90

LOGAN WALLER PAGE, Directeur.

Rapport sur l'état des essais faits pour la suppression de la poussière, la conservation et la construction des routes.

Introduction.

Durant l'été de 1908, un certain nombre d'expériences sur la conservation et la construction des chaussées furent faites par le Service des routes, de concert avec diverses municipalités. L'objet de cette circulaire est de présenter une description sommaire de ces expériences et de faire connaître les résultats d'expériences du même genre effectuées les années précédentes. On trouvera la description complète des essais antérieurs dans les circulaires Nos 47 à 89. Ceux faits à Newton (Mass.) en 1908 avec des produits asphaltiques, avec des préparations au goudron de houille et avec de l'huile résiduelle, sont rapportés pages 2 à 15; l'essai fait à Indépendence (Kans.) avec de l'asphalte-terre, pages 16 à 18; on trouvera, pages 15 à 19, le compte rendu des essais de scories et goudrons, de scories goudronnées, et de scories et pierre calcaire goudronnées exécutés à Birmingham (Ala.); et pages 19 à 24 la description de chaussées en argile et sable établies dans le Kansas. Enfin on lira page 24 à 35 des rapports supplémentaires sur les divers essais faits par le service pendant les années précédentes.

On notera que les essais de produits destinés à combattre la poussière et de matières d'agrégation pour les chaussées diffèrent en 1908 de ceux effectués les années précédentes principalement dans la manière d'appliquer les produits essayés. Tandis que les plus anciennes expériences consistaient dans un traitement superficiel des vieilles chaussées, les plus récentes ont principalement

comporté le traitement des routes durant leur construction ou leur reconstruction.

La conviction du Service est que lorsqu'il s'agit de nouvelles routes en construction, ou de vieilles chaussées en rechargement, il est de meilleure administration d'incorporer à ce moment un liant convenable aux matériaux, plutôt que d'essayer par la suite de prévenir la détérioration de la chaussée au moyen d'applications superficielles, quand la surface est usée et poussiéreuse.

La dépense initiale sera naturellement un peu plus élevée, mais l'ouvrage se montrera plus économique par sa longue durée lorsqu'on aura employé pour l'établir de bons matériaux, de la manière qu'il convient.

Expériences faites à Newton (Mass.) en 1908.

PRÉPARATIONS ASPHALTIQUES, PRÉPARATIONS DE GOUDRON ET D'HUILE RÉSIDUELLE.

Les expériences de Newton (Mass.) furent dirigées par le Service des routes, en coopération avec M. Ch. W. Ross, Inspecteur de la Voirie municipale. Toute la main-d'œuvre, le matériel et la pierre furent fournis par la Ville. Une partie des matières d'agrégation fut donnée par les industriels et le reste fut acheté par la Ville. C'est le service des Routes qui dirigea les travaux et en surveilla l'exécution.

On choisit pour toutes les expériences, la onzième exceptée, la rue Cabot qui se dirige vers l'ouest à partir de la rue du Centre et réunit Newton à Newtonville. Cette rue avait été macadamisée environ 20 ans auparavant sur une largeur de 19 à 25 pieds ($5^{m}78$ à $7^{m}62$) et avait grand besoin d'un rechargement. La déclivité varie de 1,5 % à 6,55 %. Cette voie est soumise à une circulation moyenne mixte dans laquelle prédominent les automobiles.

Du gravier et des cailloux roulés avaient été approvisionnés pour une partie du travail, mais pour la majeure portion on employa du schiste chloriteux provenant des carrières de la Ville. La distance du transport par charroi était considérable ; on arriva à obtenir au maximun quatre chargements par attelage et par jour, trois au minimum. Les ouvriers étaient pour la plupart habitués

aux travaux de route et provenaient du personnel municipal. Le prix de la main-d'œuvre par journée était le suivant :

Travail ordinaire	1 \$ 75 à 2 \$ 25	9f,06 à 11f,65
Contremaître	2 \$ 50	12f,95
Attelage simple	3 \$ 50	18f,15
Attelage double	5 \$ 25	27f,20
Rouleau	10 \$ 00	51f,80
Conducteur du rouleau	2 \$ 50	12f,95

Le prix des pierres cassées à la machine était de 95 cents par yard cube (6f30 par mc.) ; celui du sable de 69 cents (4f67 par mc.); celui du gravier de 7 cents (0f47 par mc). On fit le compte de toutes les dépenses diverses telles qu'achat de bois de charpente pour le jaugeage des pierres et des bois de chauffage, frais de camionnage, intérêts du capital engagé dans les appareils et on divisa le total entre les différentes expériences.

En ce qui concerne les divers liants dont on fit usage, la préparation d'asphalte était comptée pour 15 cents le gallon (0f17 le litre), l'huile et le goudron raffiné de houille pour 8 cents (0f10 le litre) et le goudron raffiné de gaz à l'eau pour 7 cents 1/2 (0f097 le litre). Ces prix comprenaient les frais de transport.

Comme une partie de ces matériaux était fournie sans frais, leur prix n'a pu en être évalué que pour les besoins de la comparaison ; on peut si on le désire n'en pas tenir compte en examinant les diverses expériences, pourvu qu'on fasse entrer en compte la quantité employée. Le prix variant dans les différentes régions du pays pour l'estimation d'un même travail, c'est le prix à l'endroit donné qui doit être envisagé.

Il fut impossible de déterminer exactement, par rapport aux frais d'établissement du macadam ordinaire, l'augmentation de dépense résultant de la répartition des ouvriers et de leur emploi aux travaux de diverses sortes durant la même journée, aussi bien que des pertes éventuelles de temps qui sont inévitables dans des essais.

Comme le prix moyen du macadam par yard carré de 1 pouce d'épaisseur (2cm50) s'est élevé jadis à 10 cents (0f70 par mq) dans la ville de Newton, il semble qu'il y ait lieu de déduire cette somme du prix total unitaire et de considérer le reste comme dépense additionnelle. Les nouveaux matériaux étaient employés de manière à réaliser une épaisseur de 4 pouces (10cm2) après achèvement ; par suite le prix total (unitaire) moins 40 cents (2f) donnera une sérieuse approximation de la dépense supplémentaire.

Les données relatives aux prix des divers essais sont indiquées plus loin.

Le travail fut en entier exécuté pendant les mois d'août et de septembre, le temps étant froid. On ne fit aucun mélange de matériaux bitumineux par temps chaud, ni aucun emploi pendant que le sous-sol était humide. Sauf les exceptions notées au compte rendu de chaque expérience, le travail fut en général conduit comme suit : la chaussée entière était repiquée et toutes les pierres de 3 pouces (7cm6) de diamètre enlevées à la main; de plus les endroits mous étaient remplis de gravier et la chaussée, remblayée à une hauteur de 1/2 pouce (1cm3) par pied, était bien cylindrée avec un rouleau à vapeur de 20 tonnes.

Une couche de 2 pouces et demi d'épaisseur (6cm4), formée de pierres concassées n'ayant pas plus de 2 pouces et demi (6cm4) de diamètre, était alors étendue, arrosée d'eau et bien cylindrée jusqu'à ce que le tout fût compact et solide. Une fondation de cette espèce fut établie pour tous les essais. Aussitôt que cette assise était entièrement sèche, une couche de 2 pouces et demi de pierres cassées, couvertes de bitume à chaud, était uniformément répandue et cylindrée jusqu'à ce qu'elle fût compacte. Le dessus était achevé suivant les méthodes décrites pour les différentes expériences.

Les pierres enduites de bitume étaient préparées au concasseur de la manière suivante : le bitume était chauffé dans deux chaudières d'une capacité de deux barils à une température d'environ 225° F; à cette température il était suffisamment fluide pour être employé. Il était alors puisé au moyen d'une mesure d'un gallon de capacité et répandu sur les pierres cassées absolument sèches et chauffées. La quantité de pierre était soigneusement jaugée et les doses de pierres de diverses grosseurs proportionnées comme il est indiqué pour les essais divers. Tout le mélange était fait sur une large plate-forme en bois et les pierres retournées avec une pelle à long manche jusqu'à ce qu'elles fussent parfaitement recouvertes d'enduit. Deux tours complets étaient généralement suffisants. Le mélange chaud était alors transporté jusqu'à la route et employé. La pierre était chauffée dans des réchauffeurs demi-cylindriques d'environ 8 pieds (2m,45) sur 3 pouces et demi (8cm,9), fermés d'un bout et pourvus de cheminées, le bois étant employé comme combustible. On a constaté qu'avec un bon feu la pierre devenait dans un temps très court assez chaude pour être utilisée, de telle sorte qu'il n'y avait presque pas d'interruption entre le remplissage du réchauffeur avec de la pierre froide

et l'enlèvement de la pierre chaude. Deux de ces réchauffeurs étaient employés pour la pierre de forte dimension et un pour la petite pierre. Dans l'opération du mélange, on trouva commode de mettre d'abord une quantité déterminée de matériaux fins, puis de la couvrir avec la quantité convenable de gros matériaux et d'ajouter ensuite le bitume. Pendant l'opération, chaque tas était soigneusement brassé par un ouvrier armé d'un râteau ordinaire à asphalte.

On trouva plus économique et plus commode de faire le mélange par fournées de pierre pesant approximativement 1300 livres (600 kgs) et d'employer une main-d'œuvre suffisante pour traiter deux fournées en même temps. Grâce à un roulement convenable, 1 contremaître et 15 hommes purent ainsi préparer 37 yards cubes (28^{mc},285) de mélange de matériaux par jour.

Les diverses matières d'agrégation étaient livrées en barils et consistaient en liquides excessivement visqueux aux températures ordinaires. Les préparations d'asphalte et d'huile pouvaient être versées par la bonde, mais, dans quelques cas, il fut nécessaire de briser les barils contenant les produits goudronneux pour en retirer le contenu. Les résultats des analyses qui ont été faites de ces diverses préparations sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau I.

Caractéristiques des produits asphaltiques et de l'huile résiduelle.

Nature de l'essai.	Produits asphaltiques	Huile résiduelle.
Poids spécifique 25°C/25°C	1,127	0,994
Point d'inflammation	....	473° F (245° C)
Essais de volatilisation	pour cent	pour cent
Perte après 5 heures à 212° F (100° C)	1,35	0,25
Perte après 7 heures à 325° F (163° — C)	11,74	85
Perte après 7 heures à 400° F (204° + C)	19,36	5,30
Résidu — — —	[A] 80,64	[B] 94,70
Essais de distillation [C]		
Produits distillés à 110° C pour cent en volume	trace	....
Huiles légères de 110° C à 170° C pour cent en volume	4,9	....
Huiles lourdes de 170° C à 240° C pour cent en volume	26,3	....
Bitume total soluble dans CS^2	96,62	99,85
Matières organiques insolubles dans CS^2	3,18	15
Matières inorganiques	20	00
Total	100,00	100,00
Insoluble dans CCl^4	8,61	....
Insoluble dans le benzol à 90 pour 100	6,21	....
Bitume [D] insoluble dans le naphte à 86°	....	5,40

A. Fendillé; dur; cassant.
B. Mou; demi-asphaltique; filant.
C. Produit de la distillation à 170° : refroidi, il contenait environ 1/12e de son volume de matières solides; produit de la distillation de 170° à 240° : refroidi, il contenait une très faible quantité de matières solides: Ce produit de distillation se séparait en deux couches d'huile, l'une était un pétrole apparemment, l'autre un produit de goudron.
D. Total du bitume pour cent, 5,46.

TABLEAU II.

Caractéristiques des goudrons raffinés.

Nature de l'essai.	Goudron de houille.	Goudron de gaz à l'eau.
Poids spécifique 25°C/25°C	1.221	1.655
Essais de distillation.	*pour cent.*	*pour cent.*
Produits distillant jusqu'à 110°C., pour cent, en volume	0.0	0.0
Total des huiles légères distillant jusqu'à 170° C. pour cent, en volume	1.6	6.3
Total des huiles inertes distillant de 170° C. à 270° C., pour cent, en volume	28.5	51.9
Brai résiduel par différence	69.9	41.8
Total	100.0	100.0
Bitume total soluble dans CS^2	81.71	97.47
Matières organiques insolubles dans CS^2	18.18	2.53
Matières inorganiques	».11	
Total	100.00	100.00
Insoluble dans une solution de benzol à 90 0/0 . . .	18.48	5.34

Après refroidissement, les huiles légères provenant du goudron de houille contenaient environ 1/8e de leur volume de naphtaline précipitée, tandis qu'on trouvait seulement des traces de naphtaline dans les produits de distillation du goudron de gaz à l'eau. Les huiles inertes provenant du goudron de houille contenaient environ 1/3 de leur volume de naphtaline précipitée et celles provenant du goudron de gaz à l'eau, environ 1/12e de leur volume. Le résidu du goudron de houille était cassant et terne ; celui du goudron de gaz à l'eau était cassant et brillant.

EXPÉRIENCE N° 1. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Sur la fondation préparée comme il est décrit plus haut, on mit une couche peu serrée de 2 pouces et demi (6cm) de pierre chaude enduite de bitume et on la cylindra avec le rouleau à vapeur de 20 tonnes jusqu'à complet affermissement. L'emploi d'un rouleau plus petit ne pesant pas plus de 8 tonnes eût été préférable, mais on ne put en trouver aucun de cette dimension à bref délai.

Dans cette expérience, la pierre et le bitume furent employés dans la proportion de 960 livres (454 kgs) de pierres de 1 pouce 1/2 à 1 pouce 3/4 ($3^{cm},8$ à $4^{cm},4$) pour 350 livres de pierres (158 kgs) de 3/4 à 1/4 de pouce ($1^{cm},9$ à $0^{cm},6$) et 5 gallons de matières d'agrégation. Ce mélange put être cylindré encore chaud sans adhérer au rouleau et, une fois solidifié, eut une épaisseur moyenne de 2 pouces ($5^{cm},08$). Une légère couche de criblures variant de la grosseur de 1/2 pouce ($1^{cm},27$) jusqu'à la poussière fut étalée en quantité suffisante pour combler les vides et le tout fut bien cylindré. La chaussée finie absolument raffermie n'était naturellement pas aussi compacte que si on avait employé un mélange de matériaux plus soigneusement proportionné. Cependant des pierres de cette dimension étaient plus faciles à mélanger à la main avec une quantité de matières d'agrégation moindre qu'il ne l'eût fallu, si on avait employé une plus grande proportion de petits matériaux.

La section sur laquelle on opéra avait 222 pieds ($67^{m},66$) de longueur et en moyenne 23 pieds ($7^{m},01$) de large; donnant un total de 567 yards² (474 mq). La quantité de matière d'agrégation employée par yard² s'éleva à 0.54 gallon ($2^{l},44$ par mq).

EXPÉRIENCE N° 2. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Dans la section réservée à cette expérience, on décida d'employer un mélange de pierres contenant des matériaux de moins de 1/4 de pouce ($0^{m},65$) de diamètre, afin de réduire la proportion de vides. En même temps, cependant, les conditions étaient telles que, pour que les ouvriers fussent constamment occupés, il a été jugé nécessaire d'effectuer le mélange à deux endroits différents. Des matériaux fins utilisables ne se trouvant pas à l'un de ces points, un mélange semblable à celui qui est décrit dans l'expérience n° 1 fut ce que l'on put obtenir de mieux. Sur l'autre aire à mélange, on adopta la même formule avec cette exception que l'on substitua des pierres allant de 3/4 de pouce ($1^{cm},9$) à la poussière, à celles allant de 3/4 à 1/4 de pouce ($1^{cm},9$ à $0^{cm},6$). Tour à tour des couches de chacun des mélanges furent placées sur la chaussée. A tous autres égards, l'expérience fut identique à celle du n° 1.

390 pieds de long sur 23 pieds de large et 109 pieds sur 19 donnant un total de 1226 yards carrés (1025 mq), furent aménagés de cette manière. La matière d'agrégation consommée s'éleva à

0,54 gallon par yard carré, comme dans l'expérience n° 1 (2^{l},44 par mq).

EXPÉRIENCE N° 3. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Cette expérience est en tous points semblable aux expériences nos 1 et 2, sauf que tout le mélange bitumineux a été préparé dans la proportion de 960 livres (434 kgs) de pierres de 1 pouce 1/2 à 3/4 de pouce (de 3^{cm},8 à 1^{cm},9) pour 350 livres (158 kgs) de pierres allant de 3/4 de pouce jusqu'à la poussière et pour 5 gallons de bitume (18^{l},92). Les pierres allant de 3/4 de pouce jusqu'à la poussière étaient employées dans l'état où elles sortaient du broyeur. Peu après le durcissement, un certain nombre de points faibles se révélèrent sur les trois sections de ces expériences et on dut les boucher avec du bitume chaud. Cette opération éleva le prix total de chacune d'elles de 0,99 cent par yard carré (6^{c} par mq).

Une section de 479 pieds de long sur 20 pieds de large fut traitée dans cette expérience, formant un total de 1064 yards carrés (889 mq). On consomma par yard carré la même quantité de matières d'agrégation que dans les expériences précédentes.

EXPÉRIENCE N° 4. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Au lieu d'appliquer sur la surface une couche de pierres passées au crible comme dans l'expérience n° 3, on employa dans cet essai une couche de sable goudronné en quantité suffisante pour combler les vides de la surface et produire un sol ressemblant un peu à un revêtement d'asphalte. On fit usage, pour ce faire, de goudron de houille raffiné; goudron et sable étaient chauffés avant emploi. La dépense supplémentaire de main-d'œuvre et de matériaux s'éleva à 5,86 cents par yard carré (0^{f},352 par mq); mais l'aspect général de la route était considérablement amélioré et l'on croit que ce revêtement offrira une plus grande résistance à l'eau et à l'usure que celle qui a été expérimentée sous le n° 3.

Une section de 93 pieds de long sur 20 pieds de large fut traitée de cette manière. L'ensemble de la chaussée recouverte s'éleva à 207 yards carrés (173 mq). On employa par yard carré ainsi aménagé un mélange de 0,5 gallon de préparation d'asphalte et de 0,18 de gallon de goudron (2^{l},26 d'asphalte + 0^{l},815 de goudron par mq).

EXPÉRIENCE N° 5. PRODUIT ASPHALTIQUE.

La section qui fit l'objet de cette expérience fut traitée comme au n° 3 avec cette différence qu'on appliqua une forte couche de produit asphaltique chaud sur la surface couverte de bitume avant d'y répandre ces fragments de pierre. A cet effet on versa le produit au moyen de seaux, et pendant qu'il était encore chaud on l'étendit avec un balai à long manche de manière à le faire pénétrer dans le sol. Un résultat presque semblable aurait pu être atteint avec moins de bitume par simple badigeonnage superficiel; toutefois l'autre méthode fut préférée afin d'avoir la certitude que les vides étaient remplis aussi complètement que possible. La consommation du produit asphaltique en fut augmentée de 1,12 gallon par yard carré (5l,07 par mq) et la dépense, y compris les frais de main-d'œuvre et de matériaux, fut accrue de 17,12 cents par yard carré (1f,03 par mq).

Une section de 98 pieds de long et 20 pieds 1/2 en moyenne de large fut traitée de cette manière, le total de la surface recouverte étant de 223 yards carrés (186 mq).

EXPÉRIENCE N° 6. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Cette expérience fut semblable à tous égards à la 5e, à ceci près qu'on enduisit la chaussée d'une forte couche de goudron de houille raffiné chaud au lieu d'employer la préparation asphaltique. Une section de 33 pieds de long sur 24 pieds de large donnant une superficie de 88 yards carrés (73mq,57) fut traitée de cette manière; on consomma par yard carré 0,54 gallon de préparation asphaltique et 1,14 gallon de goudron de houille (2l,44 d'asphalte + 5l,16 de goudron par mq).

EXPÉRIENCE N° 7. PRODUIT ASPHALTIQUE.

Tenant compte de ce qu'il y avait eu des points faibles à réparer dans les expériences n° 1, 2 et 3, il parut judicieux de construire une section de la même manière que dans l'expérience n° 3, mais avec addition d'une plus grande quantité de bitume. On substitua donc six gallons à cinq dans la formule de l'expérience n° 3. Les résultats furent plus satisfaisants puisqu'il n'y eut aucune répara-

tion à faire par la suite. Mais le prix par yard carré s'éleva de 1,24 cent (7^c,46 par mq),

Une section de 252 pieds de long sur 24 pieds de large fut ainsi traitée. La superficie totale de la chaussée aménagée était de 618 yards carrés (517 mq) et on employa par yard carré 0,71 gallon de produit asphaltique (3^l,21 par mq).

EXPÉRIENCE N° 8. HUILE RÉSIDUELLE.

Cet essai est semblable au septième, sauf que l'on employa de l'huile résiduelle demi-asphaltique au lieu de préparation asphaltique. Après les travaux, la chaussée n'était pas aussi ferme que celle qui avait été obtenue avec le produit asphaltique, à cause des propriétés lubréfiantes de l'huile. Le revêtement est devenu raboteux par l'effet des coups de sabots des chevaux; mais à tous autres égards elle donna satisfaction pleine et entière.

La section traitée avait 74 pieds de long sur 25 de large et une superficie de 189 yards carrés (158 mq). L'huile consommée par yard carré monta à 0,79 gallon (3^l,57 par mq).

EXPÉRIENCE N° 9. GOUDRON DE GAZ A L'EAU RAFFINÉ.

Dans cette expérience, le goudron de gaz à l'eau raffiné fut employé de la même manière et approximativement dans la même quantité qu'il est indiqué aux expériences n°s 7 et 8 pour le produit asphaltique et pour l'huile. La chaussée obtenue était semblable à celle qu'avait donnée la préparation d'asphalte.

On traita de cette manière 93 pieds de long sur 25 pieds de large formant une superficie de 258 yards carrés (215 mq) et le goudron consommé fut de 0^l,81 gallon par yard carré (3^l,66 par mq).

EXPÉRIENCE N° 10. GOUDRON DE GAZ A L'EAU RAFFINÉ.

Dans cette expérience, la chaussée fut établie comme dans l'expérience n° 9, sauf qu'on substitua une couche de sable goudronné au revêtement de pierraille. L'ouvrage terminé donna une route semblable à celle décrite dans l'expérience n° 4 et ressemblait à un revêtement d'asphalte. On employa la même espèce et la même quantité de sable et de goudon que dans l'expérience n° 4.

Une section de 526 pieds de long et de 24 pieds de large, ayant une superficie de 869 yards (726 mq), fut traitée de cette manière. On consomma par yard carré une quantité totale de 0,81 gallon (3l,67 par mq) de goudron raffiné de gaz à l'eau et de 0,18 gallon (0l,81 par mq) de goudron de houille raffiné.

EXPÉRIENCE N° 11. MÉLASSES, HUILE, CHAUX.

On choisit, pour cet essai, une section de Summit Street, allant de Bellevue Street vers le Nord et dont la déclivité varie de 4,5 à 8 pour 100. Bien que moins fréquentée que Cabot Street, elle était en mauvais état et avait besoin d'un rechargement. Pour préparer la fondation on suivit la même méthode générale. Le liant pour la couche supérieure était composé d'un mélange de mélasses, d'huile et de chaux.

En certaines régions du pays, les manufactures de sucre produisent des quantités considérables de mélasses de rebut ou blackstrap. Cette matière n'a que peu d'usages : aussi se vend-elle à bas prix dans le voisinage des raffineries de sucre où elle est produite. Elle est excessivement gluante; quand elle est combinée avec la chaux vive, elle forme le sucrate de calcium qui constitue au-dessus de la fondation un ciment épais et gluant. Ce ciment est un peu soluble dans l'eau et, pour ce motif, il ne peut à l'état naturel être utilisé dans les localités exposées à des pluies fréquentes. Aussi a-t-on cherché à le rendre imperméable à l'eau par addition d'une huile semi-asphaltique avec laquelle il aurait momentanément formé une émulsion. D'après les expériences de laboratoire une combinaison de matériaux fut imaginée qui se trouva convenir comme matière d'agrégation pour les chaussées. Comme le service a toujours pour principe de favoriser l'emploi des produits locaux dans la construction et l'aménagement des routes de l'endroit, toutes les fois que la chose est possible, on jugea qu'il valait la peine d'employer cette combinaison comme matière d'agrégation dans la construction d'une courte section expérimentale de route, en vue de déterminer sa valeur pratique. Dans le voisinage de Boston, les mélasses blackstrap sont payées à un prix bien plus élevé que dans les localités voisines des usines où elles sont produites; aussi le coût de la construction de cette section fut-il beaucoup plus élevé qu'il n'eût été dans ces localités.

La matière à employer fut préparée dans une grande caisse à

mortier où l'on éteignit d'abord 320 livres (145 kgs) de chaux vive avec 108 gallons (49 l.) d'eau. Aussitôt que la chaux fut complètement éteinte, on y ajouta et on mélangea bien avec le tout 92 gallons de mélasses (41 l.), puis 50 gallons (22l,65) d'huile semi-asphaltique. Pendant que la préparation était encore chaude, on la mélangea avec des pierres de grosseurs variées, en procédant comme il est indiqué pour les mixtures à base de bitume, sauf que dans ce cas la pierre ne fut pas préalablement chauffée. On employa 18 gallons par 1310 livres de pierre et l'agrégat ainsi produit fut transporté jusqu'à la route et mis en place aussitôt que possible après l'opération du mélange. Après cylindrage, il constitua un sol ferme et élastique sur lequel des voitures lourdement chargées ne laissaient aucune trace de frayé une demi-heure après la mise en place. Sous l'action du rouleau compresseur, une petite quantité d'huile reflua à la surface, de telle sorte qu'une légère couche de fragments de pierre fut nécessaire pour remettre la route en état.

La section traitée avait 351 pieds de long, dont 186 sur une largeur de 17 pieds 1/2 et 165 sur une largeur de 13 pieds. La superficie totale en était de 600 yards carrés (501 mq). On employa par yard carré 0,92 gallon (4l.17 par mq) de mélasses, 0,5 gallon d'huile (2l,27 par mq) et 3,2 livres de chaux (5k,42 par mq). La main-d'œuvre fut en même temps d'un prix excessif dans cet essai, à cause de l'inexpérience des ouvriers pour la préparation et le gâchage des matériaux. Le prix de la mélasse était de 11 cents le gallon (14c,3 le dmc), et celui de la chaux de 60 cents les 100 livres (6c,86 par kilog.)

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES FAITES À NEWTON (MASS.).

En outre des expériences déjà décrites, on en fit une autre dans Cabot Street, dans laquelle on employa pour la couche supérieure du sable recouvert d'une très légère préparation de chaux et de mélasse. Cette expérience ne fut pas couronnée de succès; la description et la dépense n'en sont donc pas indiquées dans ce rapport.

Après trois mois d'usage toutes les sections d'expérience dont la description a été donnée sont en bon état, de sorte qu'il est impossible de les comparer utilement. Si pourtant on essayait une comparaison, on dirait que les sections recouvertes avec du sable goudronné paraissent meilleures, et que celle qui a été construite

avec de l'huile comme matière d'agrégation ne semble pas aussi satisfaisante que les autres. Après un hiver, les défauts peuvent devenir apparents dans les sections les moins satisfaisantes, mais pour faire un choix entre celles qui sont en bon état au commencement du printemps, il est possible qu'un temps beaucoup plus long soit nécessaire. Au point de vue du choix, on peut dire qu'ici, comme dans tout ouvrage d'un caractère expérimental, la dépense est plus grande qu'elle ne le serait dans la construction d'une grande étendue de routes où le travail pourrait être organisé et poursuivi plus systématiquement.

Le tableau 5 donne, sous une forme condensée, les éléments des dépenses de toutes les expériences décrites.

TABLEAU 5.

Dépenses des expériences de Newton (Mass.).

Expériences Nos	Liant employé.	Prix par yard carré (1). Main-d'œuvre. Sur la route.	Prix par yard carré (1). Main-d'œuvre. Préparation du mélange.	Pierre N° 1.	Pierres triées.	Pierraille criblée.	Sable.	Matière d'agrégation.	Divers.	Réparation des points faibles.	Prix total. Par yard carré.	Prix total. Section entière.
		Cents.	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Cents.*	*Dollars.*
1	Produit asphaltique.	20,25	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	6,97	1,11	0,99	46,92	266,04
2	id.	20,25	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	6,97	1,11	0,99	46,92	578,05
3	id.	20,25	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	6,97	1,11	0,99	46,92	499,25
4	Produit asphaltique et sable goudronné.	25,10	9,69	4,46	5,40	. . .	0,64	8,58	1,11	. . .	52,78	109,25
5	Produit asphaltique et forte couche de même matière	25,59	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	21,72	1,11	. . .	64,04	142,81
6	Produit asphaltique et forte couche de goudron de houille . .	26,48	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	16,06	1,11	. . .	61,27	53,92
7	Produit asphaltique	20,25	6,76	4,46	5,40	1,00	. . .	9,20	1,11	. . .	48,16	298,11
8	Huile résiduelle	20,25	8,73	4,46	5,40	1,00	. . .	6,55	1,11	. . .	47,28	89,56
9	Goudron de gaz à l'eau.	20,25	8,14	4,46	5,40	1,00	. . .	6,21	1,11	. . .	46,55	120,10
10	Goudron de gaz à l'eau et sable goudronné.	25,10	11,07	4,46	5,40	. .	0,64	7,62	1,11	. . .	55,40	185,70
11	Mélange d'huile, de chaux et de mélasse.	26,96	9,02	2,75	7,01	0,92	. . .	14,57	1,11	. . .	62,54	374,04
											Total.	2.714,61
												14.061f65

(1) 1 cent par yard carré = 6 cm. par mq.

Expérience faite à Independence (Kans.) en 1908.

Dans cette expérience on a essayé de faire une chaussée d'asphalte avec une préparation d'asphalte artificiel ayant les caractéristiques suivantes :

Poids spécifique 25°C/25°C			0.981
Pénétration 77°F (25°C) N° 2 N, 5 sec., 100 gms			257.00
Perte après 5 heures à 212°F (100°C)	pour cent.		0.00
Perte après 7 heures à 325°F (163° — C)	—		0.20
Perte après 7 heures à 400°F (204° + C)	—		1.01
Résidu A	—		98.99
Bitume total soluble dans CS^2	—	100	99.62
Matières organiques insolubles dans CS^2	—		0.15
Matières organiques	—		0.23
Bitume insoluble dans CCl^4	—		0.00
Insoluble dans la naphte à 86°	—		B 20.26

Cette matière fut employée sur la demande des fabricants. On aurait obtenu un produit mieux approprié en la mélangeant avec de l'huile brute ou avec un produit volatil de distillation en quantité suffisante pour assurer une absorption convenable par le sol et un meilleur mélange avec lui.

Les rues, Toponah street, passant le long de deux groupes de maisons, et Minnehaha street, avec trois groupes d'immeubles riverains, furent choisies pour cette expérience. Il était d'ailleurs très urgent de faire subir à ces rues un traitement quel qu'il fût, car elles étaient absolument impraticables en hiver.

Toponah street, sur une longueur de 300 pieds (91 m.), était constituée par du « gumbo » couleur d'ardoise qui présentait de très grandes difficultés pour le travail ; sur les 500 pieds (152 m.) restant, le sol consistait en une argile globuleuse qui se pulvérisait assez facilement. A l'exception de quelques poches de « gumbo », Minnehaha street était constitué de schiste argileux désagrégé et de sable argileux. Avant traitement, les deux rues furent nivelées par une entreprise municipale, et cette dépense n'est pas comprise dans celle de l'expérience.

L'asphalte artificiel était fourni sans frais par les industriels à leur usine située à environ 3/4 de mille (1 207 m.) de la route.

A. Le résidu était pratiquement identique à la matière primitive.
B. Pourcentage du bitume total : 20.34.

Il était livré à une température de 400° F. environ et versé dans un wagon-citerne formé d'une petite chaudière de 8 pieds (2m,44) de long et 4 pieds (1m,22) de diamètre, montée sur un chariot de ferme. De cette manière, il n'y eut aucune dépense de chauffage. Le produit était répandu sur la route à une température d'environ 250° F au moyen d'un tuyau à gaz de 3 pouces de diamètre (7cm,62) long de 6 pieds (1m,83) et percé d'une rangée de trous de 1/2 pouce (1cm,27) à une distance de 1 pouce 1/4 (3cm,17) les uns des autres et de deux rangées de trous d'un quart de pouce (6mm,35) espacés de la même manière. Cet appareil fut adapté au robinet de sortie de la chaudière et fut disposé à environ 1 pied (0m,305) au-dessus du sol et à angle droit avec l'axe de la route. On rencontra dans les essais de grandes difficultés pour empêcher les trous de s'obstruer, même quand la soupape de sortie était grande ouverte.

La chaussée fut labourée à 6 pouces (15cm,24) de profondeur et la terre pulvérisée aussi complètement que possible avec un rouleau et une herse. Il fut impossible pourtant d'arriver à pulvériser le « gumbo » d'une manière satisfaisante. L'asphalte fut mis en œuvre à la dose de 3/4 de gallon par yard carré (3l,4 par m. q.), après quoi la chaussée fut bien hersée et une nouvelle quantité d'asphalte fut appliquée. La chaussée fut encore bien hersée et le mélange de terre et d'asphalte remué en avant et en arrière à travers la route avec un rouleau, ce procédé de mélange s'étant montré le plus satisfaisant de ceux qui avaient été essayés.

La chaussée fut alors labourée à la profondeur d'environ 5 pouces (12cm,7), et réduite en poussière, puis on y appliqua de l'asphalte et on mélangea comme avant; après quoi on jeta de l'eau sur la chaussée jusqu'à ce qu'elle devînt absolument boueuse. On continua de mélanger pendant quelque temps au moyen du rouleau et de la herse cylindrique (*disk harrow*). A ce moment de l'expérience, on essaya d'un cylindre compresseur (*tamping roller*) pour opérer le mélange, mais il fallut y renoncer parce que les espaces entre les dents étaient remplis avant qu'il eût parcouru 300 pieds (91 m.). On laissa la route en cet état jusqu'à ce qu'elle fût parfaitement sèche, et alors on essaya de nouveau le cylindre compresseur. Une croûte dure s'était formée sur la surface de la section de gumbo, et l'on retira très peu d'utilité du damage. La route fut alors façonnée et cylindrée avec un rouleau ordinaire.

On constata que l'asphalte n'était pas facilement absorbé par la terre. Cependant récemment, à la suite de grandes pluies, une

partie terminée de la chaussée devint complètement boueuse; la circulation sembla réaliser alors un excellent mélange, de sorte qu'avec le temps la route put s'améliorer.

Le coût pour les 5.218 yards carrés (4.362 m. q.) construits se trouve indiqué dans le tableau 4.

Tableau IV.

Coût de la chaussée en asphalte et en terre. Independence (Kans.).

Articles.	Prix total.	Coût par yard carré.
Préparation de la chaussée pour l'asphalte	29.00 dol.	0$00556
Application de l'asphalte	50.20	0.00962
Mélange avec la chaussée	83.20	0.01595
Pilonnage et cylindrage	43.40	0.00831
Arrosage	18.40	0.00352
Chargement et déchargement du cylindre	6. »	0.00115
Asphalte[1]	1.243.95	0.23840
	1.474.15	0.28251 ou 1.70 par mq.

1. Le prix de l'asphalte était évalué à 20 dollars par "ton" (mille livres) et en supposant que le poids du gallon à la température de 410 à 440° F était de 7 livres 1/2. La quantité d'asphalte employée par yard carré était à cette température de 3,18 gallons, soit 2,98 gallons ramené à la température de 60° F. On trouva qu'à cette dernière température 1 gallon d'asphalte pesait 8 livres (1 litre pesait 0 kil. 800).

Expériences faites à Birmingham (Ala.) en 1908.

SCORIES-GOUDRON, SCORIES GOUDRONNÉES, PIERRES CALCAIRES ET SCORIES GOUDRONNÉES.

A Birmingham, toutes les expériences eurent lieu sur une route connue sous le nom de Route de la Mare aux Canards (Duck Pond Road). C'est le chemin le plus court de Birmingham à Ensley et la chaussée dessert une circulation très lourde de camions et d'automobiles. Dans les expériences, la chaussée ancienne fut entièrement reconstruite. On aménagea une nouvelle chaussée en macadam goudronné, de 24 pieds (7m,31) de large avec 5 pieds d'accotement (0,82) et l'on réduisit les déclivités à moins de 5 pour 100.

Les matériaux employés furent des scories de haut-fourneau, de la pierre calcaire et du goudron. Les scories provenaient de la ville voisine de Bessemer. Elles étaient dures et de nature acide, et contenaient un fort pourcentage de verre. La pierre calcaire provenait de carrières situées à environ 40 milles au sud de Birmingham et elle était transportée par bateau. Le goudron était tiré des sous-produits des fours à coke et était obtenu à une température peu élevée. Il avait les caractères spécifiques suivants :

Densité à 25° C/25° C.	1.169
Eau ammoniacale pour cent en volume	3.1
Total des huiles légères distillant à 170° C pour cent en volume	16.3
Total des huiles lourdes distillant de 170° à 270° pour cent en volume.	30.7
Poix résiduelle (brai) par différence pour cent en volume	49.9
	100.00
Poix résiduelle (brai) pour cent en poids	55.0
Insoluble dans le benzol à 90 %, pour cent.	6.7

C'était un goudron de houille grossier; à froid, les trois quarts des huiles lourdes et des huiles légères se solidifiaient. Le brai était dense, brillant et cassant à la température ordinaire. Si l'on avait eu le moyen pratique d'enlever par distillation l'eau ammoniacale et toutes les huiles légères, on aurait obtenu un produit convenant beaucoup mieux au genre de travail que l'on se proposait.

EXPÉRIENCE N° 1. MACADAM FORMÉ DE SCORIES ET PIERRES CALCAIRES GOUDRONNÉES.

Au cours de cette expérience, on construisit une section de 750 pieds (228 m) de long en trois couches. La première était composée de scories prises comme elles venaient de la fosse, et avait 5 pouces et demi d'épaisseur au centre et 4 et demi sur les bords. Après cylindrage une deuxième couche des mêmes matériaux fut mise en place sur une épaisseur de 4 pouces et demi au centre et de 3 pouces et demi sur les côtés. Cette couche fut cylindrée également; après quoi on répandit des criblures de scories et on cylindra à nouveau. Il est à remarquer que les scories par elles-mêmes ne s'amalgamaient pas, même à la suite d'un cylindrage, après une forte pluie. Lorsque la chaussée fut devenue absolument sèche, le goudron fut chauffé dans une chaudière d'une

contenance de deux barils et mis en œuvre à une température d'environ 175° F. On le répandit sur la surface de la chaussée, à la dose de 1 gallon par yard carré, au moyen d'arrosoirs ordinaires avec trous percés en éventail. Une légère couche de pierraille calcaire passée au crible fut alors répandue sur le goudron pour l'empêcher de s'attacher au rouleau. La surface ainsi goudronnée fut cylindrée jusqu'à ce qu'elle fût devenue aussi compacte que possible. Cependant la couche inférieure fléchissait en fin d'opération et tendait à amener la rupture de la couche supérieure de liant, si on avait fait passer le rouleau pendant trop longtemps.

EXPÉRIENCE N° 2. MACADAM DE MÊME NATURE.

Pour cet essai, on choisit une section de 2300 pieds de longueur (701^{m}). La première couche fut placée comme dans l'expérience précédente, mais la seconde était composée de morceaux de pierre calcaire concassée de 1 pouce (2^{cm},5) à 1 pouce et demi (3^{cm},8) et avait une épaisseur de 4 pouces (10^{cm},1) au centre et de 3 (7^{cm},6) sur les côtés. Après cylindrage on mit en place une 3e couche de calcaire concassé en morceaux de 1/2 pouce (1^{cm},3) à 1 pouce (2^{cm},5) sur une épaisseur de 1 pouce. Le goudron fut alors appliqué comme précédemment. Après un abandon de quelques jours, on y répandit de la pierraille de calcaire et on passa le rouleau.

EXPÉRIENCE N° 3. MACADAM DE SCORIES AVEC REVÊTEMENT DE GOUDRON.

Cette expérience porta sur une section de 450 pieds (137 m) de longueur qui fut traitée de la même manière que dans l'expérience n° 1, sauf que la seconde couche était formée de scories concassées ayant passé par le crible de 1 pouce et demi (3^{cm},81) et ne passant pas par le crible de 1 pouce (2^{cm},54). Il fallut la même quantité de criblures de scories que dans la première expérience et les résultats furent tout à fait semblables. Une coupe en travers montrait que le goudron avait pénétré d'environ 1 pouce et demi (3^{cm},81) et que les vides, dans les couches inférieures, avaient été bien remplis par les matériaux fins.

EXPÉRIENCE N° 4. MACADAM DE SCORIES AVEC REVÊTEMENT DE GOUDRON.

L'expérience porta sur une section de 900 pieds de longueur (247 m); les deux premières couches furent mises en place et cylindrées comme il est décrit dans l'expérience n° 1. Le goudron fut appliqué comme précédemment et une partie de scories passées au crible répandue deux ou trois jours après. Comme c'était la dernière partie de la chaussée à construire et que le temps était alors excessivement défavorable, il fut impossible de terminer la section dans des conditions satisfaisantes. Cependant une partie d'une longueur de 175 pieds ($53^{m},34$) reçut une seconde application de goudron à la dose de 0,51 gallon par yard carré ($2^{l},31$ par mq) et donna de meilleurs résultats.

EXPÉRIENCE N° 5. MACADAM DE SCORIES ET GOUDRON.

Dans l'expérience n° 5, une section de 100 pieds ($30^{m},40$) de long fut construite de la même manière que dans l'expérience n° 3, avec cette exception que la seconde couche était moitié moins épaisse et qu'un mélange chaud de scories et de goudron avait été étendu sur la première couche en quantité suffisante pour porter la surface au même niveau que dans la section voisine. Des scories criblées furent ajoutées à de grosses scories, dans la proportion de 25 pour 100, pendant qu'on faisait le mélange avec le goudron. On employa 16 gallons de goudron par yard cube ($94^{l},8$ par mq) de scories. Le goudron et les scories étaient chauffés tous les deux et mélangés dans une chaudière malaxeuse. En raison des mauvaises conditions de l'expérience, décrites dans l'expérience n° 4, les résultats ne furent pas satisfaisants.

Le montant des dépenses faites dans ces expériences est indiqué dans le tableau 5.

Tableau V.

Données diverses relatives aux expériences de Birmingham (Ala.).

Articles.	Yards cubes.	Coût par yard cube.	Yards carrés.	Coût par yard carré [a].	Prix total.
		Dollars.		Dollars.	Dollars.
Fouille	20,876,3	0,2268	. . . . .	0,395	4,735,74
Drainage et évacuation des eaux.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	,027	320,60
Mise en place des scories sur la chaussée (sections des scories et des pierres). . .	1,167,57	1,0000	6,133	,190	1,167,57
Mise en place des pierres sur la chaussée.	1,045,9	2,2634	6,133	,385	2,362,53
Mise en place des scories (section des scories)	2,918,93	,99932	5,867	,497	2,916,95
Goudron [b]	. . . . .	. . . . .	. . . . .	,044	526,60
Application du goudron	. . . . .	. . . . .	12,000	,007	89,52
Ingénieur, cylindre et atelier de réparation.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	,033	392,00
Charbon, huiles, réparations, arrosage etc.	. . . . .	. . . . .	. . . . .	,038	460,04
Veilleur de nuit . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	,023	279,50
Total					12,251,05

a. Le prix total moyen par yard carré fut de 1 dollar, 10 (6 fr.62 par mq).
b. Le nombre de gallons de goudron employés fut 13700 (62 0611) au prix de 0,0384 le gallon (0 fr. 05 par litre).

Expériences faites à Garden City, Dodge City, Buckling et Ford (Kans.) en 1908, avec sable et argile.

Dans les portions à moitié stériles du Kansas et du Nebraska, il y a une étendue considérable de collines de sable. Ces collines sont généralement parallèles aux rivières et ont une largeur qui varie entre quelques centaines de yards et plusieurs milles. Elles sont continuellement déplacées par les vents et, par suite, la construction des routes est dans cette région un problème difficile. Les bons matériaux de route sont rares et le sol est peu stable. En maintes localités, il n'y a pas d'autres matériaux pour la route

qu'une terre alcaline, une argile gypseuse ou une argile sédimentaire semblable à du « gumbo ».

EXPÉRIENCES DE GARDEN-CITY (KANS.).

En ce point, les collines de sable courent parallèlement à la rivière Arkansas, sur la rive sud, et forment une bande dénudée de près de 7 milles de large. Une soigneuse inspection du voisinage n'avait fait trouver aucuns matériaux susceptibles d'être utilisés pour les routes, à l'exception de dépôts d'argile gypseuse distribués irrégulièrement à travers la bande sablonneuse. C'est à deux de ces dépôts que furent pris les matériaux employés dans la construction de la route. La première carrière fut ouverte à environ 900 pieds (275 m.) à l'est de la route, et l'autre près du bord de la route. De la première, on amena 68 yards cubes (52 mq), mais elle fut ensuite abandonnée à cause de son éloignement et parce que l'argile n'avait qu'un faible pouvoir d'agglutination. La route fut achevée avec des matériaux provenant de la seconde carrière. Les couches d'argile les plus profondes de la carrière donnaient l'argile le plus grasse et celle qui devenait la plus compacte après addition de sable.

Le problème à résoudre dans l'espèce consistait à trouver la meilleure méthode pour utiliser les matériaux locaux, en l'espèce l'argile gypseuse, et aussi pour constituer une route avec une chaussée capable de résister à l'action de vents constants qui soufflent généralement du sud.

Pour cette expérience, on choisit une section de route de 765 pieds ($233^{m},16$) de longueur située sur le flanc d'une colline de sable. L'argile fut apportée directement sur la route, au centre de laquelle on avait jalonné une bande de 12 pieds ($3^{m},65$) de largeur. La masse d'argile destinée à former le revêtement fut étendue en une couche de 9 pouces d'épaisseur ($22^{cm},85$), immédiatement après avoir été déchargée sur la route. Les transports d'argile se faisaient sur les chargements précédemment apportés, et toutes les ornières qui en résultaient étaient comblées aussitôt. On permit aux voitures de passer en cet endroit; la circulation rendit l'argile plus compacte et plus ferme. Pendant la durée du transport de l'argile, il ne tomba pas d'eau, mais quand les charrois eurent pris fin, une violente pluie mouilla l'argile et l'on acheva la route comme suit : pendant que la chaussée était humectée,

on y fit passer une herse à dents pointues, et l'argile se trouva complètement pulvérisée. Puis au moyen de cinq sillons creusés de chaque côté de l'assise d'argile, en rejetant les mottes de chacun sur le dos du prècédent, on éleva le sable des épaulements au-dessus du niveau de l'argile du centre. Avec une râcloire faite d'un tronc d'arbre fendu et traîné sur la chaussée, on fit tomber des épaulements sur l'argile le sable soulevé à la charrue, et on le mélangea intimement à cette dernière. La route fut ensuite nivelée, puis livrée à la circulation.

Bien qu'on ait suivi de très près, pour la construction de cette route, la méthode ordinaire des travaux de sable et argile, il y eut cependant quelques variations tenant aux conditions particulières rencontrées, comme il a déjà été exposé. On pensa qu'il fallait nécessairement une chaussée susceptible de résister aux violentes averses accidentelles qui sont spéciales à ce climat et en même temps à l'action des vents. C'est pourquoi l'on choisit de l'argile ayant la plus grande ténacité. A cause de la sécheresse du climat, on jugea préférable de mettre une proportion d'argile très supérieure à la proportion de sable.

Les éléments de dépenses de cette expérience, ainsi que les détails divers des quatre expériences faites avec le mélange de sable et d'argile se trouvent au tableau 6.

Mise à nu du filon d'argile	$ 7.17
Extraction de l'argile	10.50
Chargement dans les tombereaux	33.00
Charriage	39.50
Répandage de l'argile sur la chaussée	10.00
Sablage, labourage et finissage de la chaussée	2.33
Coût de l'argile rendue sur place par yard cube	0.40
Coût du yard carré de la surface traitée	0.10
Prix par mille	707.45

Tableau VI.

Caractéristiques des expériences faites avec sable et argile.

Endroits de l'expérience.	Longueur de route aménagée.	Largeur entière de la route.	Largeur de la partie couverte d'argile.	Épaisseur de l'assise d'argile.	Quantité d'argile amenée sur la route.	Superficie de la partie aménagée.
	Pieds.	Pieds.	Pieds.	Pouces.	Yards cub.	Yards car.
Garden-City	765	30	12	9	256	1.020
Dodge-City	9.750	30	14	11 A	3.705	15.167
Bucklin.	4.271	30	14	12	1.883	6.664
Ford	350	30	16	13	179	622

A. Epaisseur de l'argile et sable.

EXPÉRIENCE FAITE A DODGE-CITY (KANS.).

On y a rencontré les mêmes conditions naturelles qu'à Garden-City : les collines de sable se trouvent du même côté de la rivière, mais elles n'ont que 2 milles de largeur (3^k,22). On choisit pour l'expérience, une section de la route qui conduit à Mineola. (Kans.) Après que le travail eut été commencé, les habitants s'y intéressèrent vivement et demandèrent avec instance que les 2 milles tout entiers fussent pourvus d'un revêtement dur. Ce qui fut fait.

Le plan général des travaux fut en cet endroit semblable à celui qui avait été suivi à Garden-City. On trouva, près du milieu de la section à améliorer, un dépôt d'argile formé du limon d'un ancien fossé d'irrigation qui ne servait plus. L'eau avait été détournée dans un large bassin et on trouva ainsi environ 4 acres couverts sur une épaisseur de 18 pouces de ce fin limon. Il fut complétement desséché, au point qu'après avoir été broyé à la charrue il se trouva en un état excellent pour le travail à la pelle. Cette matière ne contenait absolument aucun gravier et devenait très gluante quand elle était mouillée. Quoiqu'on puisse regarder ces conditions comme exceptionnelles dans cette localité, les résultats prouvent néanmoins qu'il est expédient d'employer si possible un limon de rivière pour l'aménagement des routes dans d'autres régions où

l'irrigation est pratiquée. Si cette substance n'avait pas été rencontrée, la route aurait bien coûté 50 0/0 de plus.

La chaussée entière avait 30 pieds de large (10^{m},14); au centre, on délimita pour le dépôt de l'argile une piste de 14 pieds de large en creusant à la charrue deux sillons à 14 pieds (4^{m},29) l'un de l'autre. La boue fut rejetée vers les fossés extérieurs. Commençant au milieu de la section, on laboura la bande de 14 pieds de large en ramenant la boue vers le centre. Il se forma ainsi un exhaussement au milieu de la piste à garnir d'argile. Celle-ci fut ensuite hersée et on nivela l'encaissement à l'aide d'nn léger rouleau. On constitua alors les épaulements en creusant un sillon à l'extérieur de l'encaissement nivelé et en retournant le premier sillon de chaque côté. Deux sillons de plus furent ainsi creusés et de cette façon les accotements se trouvèrent d'au moins 10 pouces (25^{cm}) plus haut que l'encaissement. Si le profil en travers est horizontal, une herse dentée est excellente pour aménager l'encaissement après qu'il a été labouré comme il est décrit ci-dessus. Quand il est nécessaire de porter les matériaux d'un côté à l'autre de la route, ou de pousser les matériaux le long de la piste dans l'encaissement préparé, on doit avoir recours à un appareil niveleur à deux chevaux.

Après qu'on eut préparé l'encaissement, l'argile fut apportée et déversée par trois charges de front. Celles du centre suivaient exactement la ligne du milieu, et à cet effet une rangée de jalons marquant le milieu était établie sur une longueur de 2 ou 300 pieds en avant du lieu de chargement de l'argile. Il fut alors aisé de faire convenablement les déchargements sur les côtés. Il est préférable de laisser aux charrois du centre 30 à 40 pieds d'avance sur ceux des côtés. De cette manière trois attelages peuvent être occupés en même temps. Afin d'avoir une quantité de sable suffisante pour couvrir la chaussée, on eut recours à une sorte de radeaux-herses et on ramena sur l'encaissement le sable puisé en dehors de la route. On l'étendit au moyen d'une herse, on l'égalisa sur la chaussée avec un niveleur à deux chevaux et on le mélangea avec la poussière et les particules fines d'argile. Après une pluie, le sable se trouva complètement incorporé à l'argile. Il parut toutefois nécessaire d'augmenter la quantité de sable et on l'incorpora avec la herse dans la masse d'argile pendant qu'elle séchait et se tassait par l'effet de la circulation. Finalement, un large rouleau fut employé pour niveler la chaussée.

Comme il a été exposé ci-dessus, la découverte de l'argile employée dans cette circonstance était plutôt accidentelle que natu-

relle à cette vaste région. Ce fait est encore d'importance suffisante pour justifier une étude soigneuse de sa tenue dans la chaussée. Il serait aisé en effet d'établir le long des canaux d'irrigation des bassins de dépôt où ce fin limon pourrait être recueilli, et d'où, à la suite de l'enlèvement de l'eau, l'argile déposée pourrait être amenée sur la chaussée De cette manière on se procurerait de grandes quantités de matériaux, et si leur emploi se trouvait être aussi avantageux que les indications ci-dessus semblent le faire ressortir, on tirerait de ce procédé un grand profit pour l'amélioration des pénibles routes de sable le long des fossés d'irrigation. Dans cette expérience le limon, quand il était humide, s'est combiné facilement avec le sable et l'a solidement aggloméré. L'addition de sable lui enleva sa viscosité.

Les dépenses de cette expérience sont les suivantes :

	dollars	
Contremaître à la tâche	51.50	
Fouille (2.539 yards cubes)	396.69	
Nivelage du fond	70.00	
Extraction de l'argile	54.875	
Chargement des tombereaux	470.00	
Transport à la route	608.38	
Répandage de l'argile	95.00	
Hersage et mélange de l'argile et du sable	6.00	
Répandage du sable sur la route et établissement des accotements	107.685	
Nivelage de la route au rouleau	27.00	
Travaux de pont, de charpente, etc.	59.53	
Réparations, transport de l'eau et divers	52.75	
Coût par yard carré de surface remblayée d'argile	0.138	soit 0f,83 par mq.
Coût par mille	1.135.83	

EXPÉRIENCE FAITE A BUCKLIN (KANSAS).

On choisit pour cette expérience une partie de la route qui conduit de Bucklin à Spearville, sur le bord sud de l'Arkansas, comme dans les cas précédents. Le plan général des travaux fut identique à celui qui avait été suivi à Lodge-City, mais l'argile était d'une qualité différente. A l'extrémité sud de la route, on employa une sorte d'argile globuleuse. Elle durcit bien ; quoique la couche superficielle ait présenté les caractères d'une terre glaiseuse avec des boursouflements de mauvaise augure au premier abord, cependant plus tard elle se tassa et donna des promesses de solidité.

Après qu'on eut enlevé la couche superficielle de la carrière

d'argile jusqu'à une profondeur de 12 pouces (30cm47), l'argile changea notablement de caractère et parut de nature à faire un excellent matériau de route. Tout d'abord on craignait qu'elle n'eût pas la force de cohésion nécessaire, mais comme c'était le seul matériau qu'on pût trouver à un mille à la ronde, on s'en servit pour commencer à titre d'essai. Quand la carrière d'argile eut été creusée jusqu'à une profondeur de 30 pouces (76cm23), l'argile devint de qualité excellente. Cette carrière était placée au point le plus élevé de la route et son exploitation permit de réaliser une grande économie à cause de la commodité du transport. D'un endroit voisin de l'autre extremité de la route, on transporta sur le sable, vers cette extrémité, une argile de nature alcaline.

Une section de 6771 pieds de longueur (2064m) fut mise à nu et labourée, et le fond tout préparé pour recevoir l'argile. De cette section, une partie de 4271 pieds de longueur (1302m) fut améliorée et le surplus de 2500 pieds de long (763m) laissé à aménager aux habitants.

Les dépenses dans cette expérience furent les suivantes :

	dollars	
Contremaître à la tâche (à forfait)	50.00	
Fouilles (1.584 yards cubes)	224.07	
Nivelage du fond	32.37	
Extraction de l'argile dans le gîte	16.75	
Chargement de l'argile dans des tombereaux	235.75	
Transport de l'argile à la route	304.875	
Répandage de l'argile	44.625	
Réparations, etc	40.92	
Coût par yard carré de portion remblayée d'argile	0.14	soit 0f,84 par mq.
Prix du mille	1.183.64	

EXPÉRIENCES FAITES A FORD (KANS.).

A Ford, une courte section formant l'accès sud du pont sur la rivière Arkansas fut nivelée et reçut une couche d'argile. Il était très important d'aménager une rampe vers le pont, mais comme la route était en sable, il était nécessaire de lui donner un revêtement dur. Ce résultat fut atteint en ajoutant de l'argile ; elle provenait d'un bassin de la vallée où elle s'était déposée. La section de route traitée avait 330 pieds (100m) de long ; on y mit un lit d'argile de 16 pieds (4m87) de largeur et d'environ 12 pouces (30cm48). d'épaisseur. La surface fut alors couverte d'une couche de sable de 2 pouces d'épaisseur et livrée à la circulation

pour que le mélange se fasse. L'argile était gelée et dure quand on l'étendit sur la route.

Ci-dessous quelques détails sur les dépenses :

	dollars
Remplissage et élargissement de la route	17.25
Extraction, chargement et transport de l'argile.	10.50
Répandage de l'argile	8.00
Sablage de l'argile.	8.00
Aménagement de la route avec le rouleau niveleur	0.50
Coût total.	104.25 = 540f.

Nouveau rapport sur les expériences faites à Wayland (Mass.) en 1907 avec du goudron brut, des produits goudronneux et des émulsions d'huile.

Ces expériences sont décrites dans la circulaire 89 publiée en mars 1908. Treize expériences furent faites avec du goudron de gaz à l'eau, du goudron de houille brut, et du goudron de houille raffiné, et deux avec des émulsions d'huile demi-asphaltique. Dans toutes ces expériences, sauf une, les substances à essayer étaient appliquées superficiellement. Les sections traitées ont été inspectées dernièrement en septembre 1908, environ 15 mois après traitement. Il est à noter que l'hiver 1907-08 fut un hiver très dur au point de vue des travaux des routes, le sol étant soumis à de fréquents et rapides gels et dégels.

EXPÉRIENCES N°s 1, 2, 3 ET 4. GOUDRON DE GAZ A L'EAU.

Les sections traitées de cette manière ont toutes quatre le même aspect au moment de l'inspection. Le goudron a disparu sur une grande étendue, quoique la chaussée soit en assez bon état et absolument sans poussière.

Ces expériences ont montré que le goudron brut de gaz à l'eau n'est effectif que comme enduit temporaire et que l'on peut en obtenir les résultats les plus satisfaisants, en même temps que les plus économiques, en en répandant une légère couche sur la chaussée toutes les fois que la poussière devient excessive.

EXPÉRIENCES N°s 5, 6 ET 7. GOUDRON DE HOUILLE BRUT.

Parmi ces sections badigeonnées avec du goudron de houille brut, celles qui avaient fait l'objet des expériences 5 et 6 étaient en bon état. Le goudron avait disparu de quelques endroits et la route présentait des places usées. Cependant il y avait peu de poussière sur ces sections. La section traitée d'une manière similaire dans l'expérience n° 7 était dans un état beaucoup moins bon, quoique meilleur que l'état antérieur. Elle était située dans le centre de la ville, dans un endroit où les conditions de la circulation étaient beaucoup plus défavorables que sur les autres sections. Une grande partie du goudron avait disparu au centre de la voie qui était quelque peu poussiéreuse et, en somme, dans un état peu satisfaisant. On a reconnu qu'il était nécessaire de faire des réparations sur cette section pendant l'hiver en raison des soulèvements de la surface causés par la gelée.

EXPÉRIENCES N°s 8, 9 ET 10. GOUDRON DE GAZ A L'EAU ET GOUDRON DE HOUILLE.

Les résultats de l'expérience n° 8 sont en tous points semblables à ceux des expériences 5 et 6. Dans cette expérience, on avait fait des applications séparées de goudron de gaz à l'eau et de goudron de houille, et il n'est résulté aucun nouvel avantage de l'emploi du goudron de gaz à l'eau. Dans les expériences 9 et 10 on a employé à froid une mixture de goudrons des deux sortes, et pour le revêtement, on se servit dans l'expérience n° 9 de pierres de la grosseur des pois, et de gravier dans l'expérience n° 10. Au moment de l'inspection, le n° 9 se trouvait dans des conditions légèrement meilleures que le n° 10; une grande partie du goudron avait d'ailleurs disparu des deux sections. Celles-ci étaient pourtant absolument exemptes de poussières. Il est évident qu'une mixture de cette espèce peut être considérée comme une matière d'agrégation donnant des résultats presque aussi bons que ceux du goudron de houille brut et ayant l'avantage de se prêter à des applications à froid.

EXPÉRIENCE N° 11. MIXTURE SPÉCIALE DE GOUDRON.

La section traitée avec cette mixture, bien qu'ayant été soumise aux mêmes conditions que la section de l'expérience n° 7, était dans un état un peu meilleur quoique nullement satisfaisant. Au moment de l'inspection, elle n'était pas entièrement exempte de poussière, mais elle se trouvait en bien meilleur état qu'avant le traitement. Il n'y eut aucune réparation à y effectuer durant l'hiver, tandis qu'il fallut réparer la section contiguë de l'expérience n° 7.

EXPÉRIENCES N°s 12 ET 13. PRÉPARATION SPÉCIALE DE GOUDRON.

Dans l'expérience n° 12, la partie superficielle de la section de chaussée fut refaite et la préparation de goudron mise en œuvre suivant la méthode de pénétration. Cette section était dans un état absolument parfait au moment de l'inspection, ayant une cohésion parfaite et n'étant ni glissante ni poussiéreuse. En somme, c'est l'expérience qui a été la plus satisfaisante de toutes.

Dans l'expérience n° 13, la même préparation de goudron fut appliquée à la surface d'une section de chaussée déjà en bon état. Au moment de l'inspection, les résultats parurent meilleurs que pour toutes les autres expériences, à l'exception de l'expérience n° 12, la chaussée étant ferme et sans poussière. On voyait cependant des signes de désagrégation en quelques points, qui grandiront rapidement sans doute s'ils ne sont pas réparés.

Il ressort de ces expériences que le goudron de houille bien raffiné est de beaucoup préférable au goudron brut. Dans les expériences passées en revue, les résultats plus durables obtenus avec le premier peuvent être attribués principalement à l'absence de liqueur ammoniacale et à la plus faible teneur en naphtaline et en carbone libre, comme le montrent les analyses. En ce qui concerne toutes ces expériences, on peut dire que les conditions des essais ont été des plus dures, comme il est expliqué dans la circulaire n° 89, et que si les conditions avaient été normales, de bien meilleurs résultats auraient été obtenus avec celles de ces expériences qui ont le moins bien réussi.

EXPÉRIENCES AVEC DES ÉMULSIONS D'HUILE.

Deux émulsions de pétrole demi-asphaltique furent employées comme liant temporaire dans ces expériences et la méthode d'application a été décrite dans la circulaire n° 89. Au moment de l'inspection on ne pouvait, sur la section traitée avec l'émulsion n° 1, en découvrir aucun reste, mais sur la section traitée avec l'émulsion n° 2 des traces d'huile étaient apparentes. Les riverains de la route rapportèrent que la chaussée a été exempte de poussière pendant 8 mois, ce qui était très satisfaisant étant donné la quantité de matière employée.

Rapport supplémentaire sur les expériences faites à Washington (D. C.) en 1907 avec du chlorure de calcium.

On trouve dans la circulaire n° 89 un compte rendu de ces expériences. On arrosa avec des solutions de chlorure de calcium un macadam fait en trapp et couvert avec une matière d'agrégation calcaire tendre et produisant de la poussière. Trois applications eurent lieu pendant l'été, et le sel retenu par la surface de la chaussée y entretint l'humidité. Les résultats n'ont été naturellement que temporaires, mais la poussière était bien abattue et la désagrégration de la chaussée a été empêchée. Il ne reste aujourd'hui plus rien d'apparent de cette expérience, car la route a été depuis lors rechargée.

Rapport supplémentaire sur les expériences faites à Bowling Green (Ky.) en 1907 avec de l'asphalte de roche, de l'huile brute et une préparatfon d'huile spéciale.

Un compte rendu complet de ces expériences se trouve dans la circulaire n° 89. Les matériaux employés étaient l'asphalte de roche de Kentucky, le pétrole brut de Kentucky, et une huile résiduelle

préparée d'une manière spéciale. Les résultats constatés au cours d'une inspection faite en janvier 1908, sont donnés ci-dessous.

EXPÉRIENCE FAITE AVEC DE L'ASPHALTE DE ROCHE.

Dans cet essai, l'asphalte de roche fut utilisé comme liant et pour remplir les vides de la surface d'un macadam frais. La première inspection eut lieu après une légère averse; on constata que l'eau avait été très bien détournée de la fondation; c'est ce que montrait évidemment la surface humide de la chaussée en comparaison avec la chaussée d'une section contiguë, n'ayant pas été traitée, qui avait absorbé l'eau, et déjà devenait poussiéreuse. On voyait à la surface une petite quantité de matériaux arrachés, mais qui avaient été apportés évidemment de la section non aménagée. La chaussée était tout entière unie, sans ornières, et ce n'est qu'en deux petites places qu'on pouvait voir la pierre calcaire sous-jacente. Ces portions cependant avaient reçu un aussi bon liant que le reste de la surface et ne lui étaient inférieures en rien. D'un côté de la route l'accotement s'était légèrement tassé, laissant une lisière nue exposée aux atteintes des voitures et au délavage. En exhaussant et consolidant cet accotement, on remit la route en excellent état.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC DE L'HUILE.

La section traitée avec de l'huile résiduelle avait été par erreur couverte de gravier peu après l'application du produit, et on n'obtint aucun résultat de son emploi. Comme dans l'expérience de Jackson (Tenn.), l'application de l'huile brute à des chaussées à la fois macadamisées et recouvertes de gravier n'a eu qu'un effet temporaire. Aucune trace d'huile n'était apparente au moment de l'inspection, mais, d'après un rapport de l'ingénieur de la ville, la quantité de poussière avait été jusqu'à la fin de l'été sensiblement moindre sur ces chaussées que sur les sections qui n'avaient pas subi le traitement. Il peut être noté qu'à la suite de ces expériences, la ville de Bowling-Green a, l'été dernier, fait une application d'huile à presque toutes ses rues, et considère le travail comme satisfaisant.

Rapport supplémentaire sur les expériences faites à Jackson (Tenn.) en 1905 avec goudron et huile.

On trouvera le premier compte rendu de ces essais dans la circulaire n° 47 publiée en mai 1906, et un rapport sur l'état des sections, quand elles furent inspectées en février 1908, dans la circulaire n° 89. Les constatations ci-après furent faites au cours de la dernière inspection, en janvier 1909.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC LE GOUDRON.

Parmi les rues de la ville qui ont reçu une application superficielle de goudron de four à coke une est encore en bon état, à l'exception d'une section d'environ 20 pieds de largeur ($6^m,10$) qui a été usée par la circulation à un tel point que de petites dépressions d'environ 10 pouces de diamètre et de 1/2 à 1 pouce ($1^{cm},27$ à $2^{cm},54$) y apparaissent à des intervalles d'environ 8 pieds. Cette section n'a reçu qu'une seule couche de goudron en août 1905 et n'a pas été réparée depuis cette époque.

Sur les rues traitées de la même manière, dont le centre est occupé par une voie de tramways, les résultats ne sont pas aussi bons, ce qu'il faut attribuer à l'état des voies qui étaient très faiblement ballastées. La boue et l'eau se sont en conséquence répandues sur la chaussée et la surface goudronnée a subi des détériorations.

Les sections qui ont reçu une seconde couche de goudron en 1906, un an après la première, sont en excellent état ; on n'y relève qu'une très faible détérioration.

Sur la section dont le macadam a été pioché et les pierres mélangées avec du goudron jusqu'à une profondeur de 3 à 4 pieds ($0^m,91$ à $1^m,22$), les résultats n'ont pas été aussi satisfaisants. Cela tient à ce que, durant les mois chauds d'été, quand le goudron se ramollit, il s'est formé des dépressions qui empêchent le parfait écoulement des eaux.

EXPÉRIENCES FAITES AVEC DE L'HUILE.

Sur les chaussées qui ont reçu une application d'huiles résiduelles, on n'aperçoit l'huile que près des ruisseaux où la circulation

a été faible. Par contre, dans la section de route sise en rase campagne qui a reçu le même traitement, l'huile est absolument visible sur toute la surface. Durant l'été passé, cette application d'huile a été de la plus grande utilité pour la route en prévenant la désagrégation, qui est apparue sur les sections n'ayant pas reçu le même traitement; on ne voyait que très peu de poussière et aucune trace de délavage.

Approuvé :

James Wilson,
Secrétaire de l'Agriculture.

Washington, D. C., 25 mars 1909.

(Trad. de Maisoncelle).

66637. — Paris, Imprimerie Lahure, rue de Fleurus, 9.

INCONVÉNIENTS RÉSULTANT
DE LA POUSSÉE DU PAVAGE EN BOIS

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Du Tampon métallique G. V.

RAPPORT

présenté à la Société d'Encouragement
POUR
l'Industrie Nationale au nom du Comité des Arts Economiques

PAR
P. TOULON
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
Paris

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Inconvénients résultant de la poussée du Pavage en bois

Résultats expérimentaux du TAMPON MÉTALLIQUE G. V.

RAPPORT

PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AU NOM DU COMITÉ DES ARTS ÉCONOMIQUES

PAR

M. TOULON
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, à Paris.

M. G. Vallée a soumis à l'examen de notre Société un tampon métallique destiné à assurer la stabilité des pavages en bois.

Le problème que M. Vallée s'est proposé de résoudre consiste à éviter les graves inconvénients dus à la poussée des pavages en bois sur les bordures de la chaussée et les voies de tramways qui y sont encastrées. Ces inconvénients sont très bien expliqués dans le rapport que M. Tur, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspecteur général chargé du service de la voie publique de la Ville de Paris, a présenté au premier Congrès international de la Route en 1908.

M. Tur expose que les bois, en absorbant de l'eau, se dilatent notablement; dans les pavages, ce gonflement cause des poussées qui s'exercent parallèlement à la fondation. La valeur de ces efforts mesurée au laboratoire varie de 500 à 1200 kilogrammes par pavé. Les bois durs, aussi bien que les bois tendres, produisent des poussées; celles des bois durs se manifestent un peu plus lentement, mais atteignent un chiffre plus élevé.

« Le plus souvent, dit M. Tur, les poussées s'exercent normalement à l'axe de la chaussée; elles déplacent aisément les bordures des trottoirs et même, souvent, les voies de tramways. Quelquefois aussi, elles se manifestent dans le sens longitudinal, par des soulèvements plus ou moins étendus de l'ensemble de la chaussée. »

Par les procédés ordinaires, on se borne à diminuer l'importance du mal en arrosant les pavés à grande eau, avant de les poser; pour faciliter la réparation des trottoirs, on ménage un joint de sable le long des bordures de trottoirs. Quant aux soulèvements dus aux

poussées longitudinales, on les fait disparaître en démontant une ou deux rangées de pavés.

Les désordres produits par les poussées des pavages en bois et en particulier la déformation des trottoirs se produisent peu de temps après l'établissement d'une chaussée à neuf. Il se forme près de la bordure un bourrelet saillant sur le trottoir qui, outre son fâcheux effet, peut provoquer la chute des piétons. Il faut donc immédiatement procéder à des réparations coûteuses et gênantes pour le public.

M. G. Vallée a imaginé une disposition très simple, dont l'efficacité paraît démontrée par les essais concluants faits depuis plus d'un an sur diverses chaussées de la Ville de Paris.

Son invention, que M. Vallée désigne sous le nom de tampon métallique, consiste dans l'emploi d'une sorte de tube métallique d'une forme spéciale; ce tube est (fig. 1 à 4) logé dans le joint ménagé le long des bordures de trottoirs et peut subir une déformation sous l'action des poussées du pavage en bois, sans entraîner le déplacement des bordures. Il est constitué par deux tôles d'acier de 7/10 et 8/10 de millimètre d'épaisseur, emboîtées l'une dans l'autre et rivées ensemble La section transversale a une forme générale rectangulaire de $0^m,11$ de hauteur sur $0^m,05$ ou $0^m,06$ 1/2 de largeur; les petits côtés du rectangle sont légèrement repliés par l'intérieur et se présentent sous la forme d'un V très ouvert. Les rivets d'assemblage offrent une saillie pointue de 4 à 5 millimètres. Les éléments de ce tampon métallique ont normalement une longueur de 2 mètres; aux extrémités, l'addition d'un bord de tôle permet de faire pénétrer l'un des éléments à l'intérieur de l'autre, et d'assurer la continuité de l'ensemble par une simple juxtaposition des tubes successifs. Pour les parties en courbe, on emploie des éléments droits dont la longueur est réduite à $0^m,20$ ou $0^m,30$.

Le tampon métallique se déforme lorsque le gonflement dû à l'humidité chasse les pavés vers la bordure du trottoir. Par son élasticité, le tampon remplit très exactement et en toute circonstance la rainure ménagée près de la bordure. Les têtes saillantes des rivets d'assemblage pénètrent dans les pavés voisins et empêchent le tampon de se soulever comme un coin sous l'action des poussées. L'ensemble du dispositif, qui est simple et d'une pose très facile, est très bien conçu pour parer à tous les inconvénients dus à la dilatation des pavages en bois.

En outre, l'usage du tampon métallique présente de notables avantages au point de vue hygiénique; il est, en effet, très facile de nettoyer les caniveaux à fond métallique qui se trouvent placés le long du trottoir et d'empêcher les matières putrescibles de s'y accumuler. Enfin, le tampon métallique, par sa partie inférieure, forme un drainage utile pour l'asséchement de la chaussée.

L'expérience a montré la valeur de l'invention de M. G. Vallée. Des

essais ont été entrepris dans les conditions les plus variées le long des chaussées en bois de la Ville de Paris, depuis le mois de décembre 1908. L'emploi des tampons métalliques a été fait sur diverses lon-

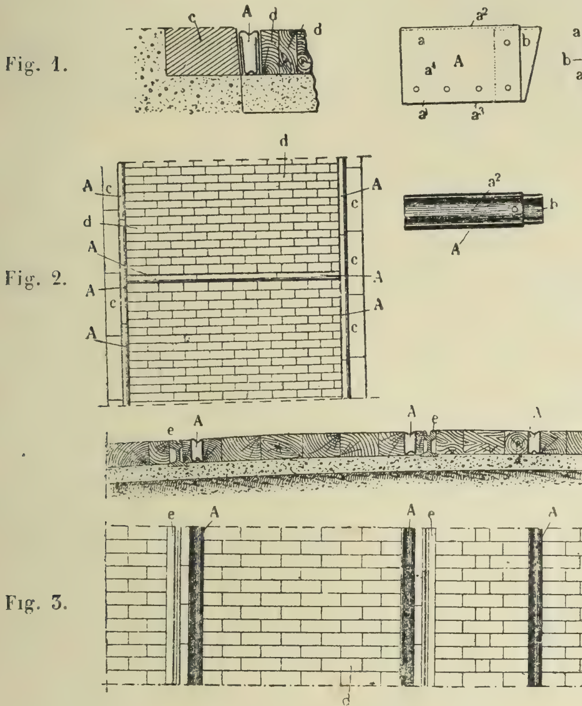


Fig. 1 à 4. — Tampon *Vallée.*

Les tampons A sont constitués par deux chapes en tôle de fer a et a^1 (fig. 3) emboîtées l'une dans l'autre et de façon que les deux tôles a^2 a^3 soient diamétralement opposées. Ces tampons sont placés de champ, c'est-à-dire avec les joues a^4 a^5 dans le plan vertical. Les têtes a^2 a^3 des chapes présentent une dépression qui contribue à donner aux joues des chapes une certaine rigidité dans le plan vertical, tout en permettant à ces joues de se rapprocher dans le sens transversal, en cédant à la poussée du pavage en bois, de façon à absorber les effets de cette poussée. Chacun de ces tampons A constitue un élément, et les divers éléments sont réunis entre eux au moyen d'un couvre-joint intérieur ou collet b, introduit d'un bout entre les deux chapes, puis rivé, et enfin engagé de l'autre bout entre les deux chapes de l'élément suivant. Des éléments A sont placés entre les bordures c des trottoirs et la première rangée longitudinale de pavés en bois d, comme le montrent les figures 1 et 2. Pour éviter les détériorations produites par la poussée du pavage en bois sur les voies de tramways, des tampons A peuvent être placés près des rails e ou entre les rails et parallèlement à eux, comme le montre la figure 4.

gueurs boulevard Montmartre, boulevard Saint-Germain, aux abords de la place Saint-Germain-des-Prés, rue Bonaparte, rue Royale, chaussée de la Muette, boulevard Ney, etc. Il y a lieu de citer particulièrement une application qui a été réalisée tout récemment rue de

Rome, sur la chaussée placée au-dessous des grands encorbellements en ciment armé construits par les chemins de fer de l'Etat pour l'élargissement de la tranchée des Batignolles. Pour cette chaussée, il était de toute nécessité d'empêcher la poussée des pavages en bois sur les trottoirs afin d'éviter tout effort anormal qui aurait pu avoir des conséquences nuisibles pour la stabilité des encorbellements de dimensions tout à fait exceptionnelles. L'emploi des tampons métalliques de M. G. Vallée est une solution tout à fait satisfaisante de ce problème difficile.

Dans leur ensemble, les essais faits par le service municipal de la voie publique de Paris ont donné d'excellents résultats qui ont confirmé la justesse des vues de l'inventeur. Des expériences exécutées sur une même chaussée pour comparer l'ancien procédé et le nouveau dispositif ont montré avec évidence la supériorité du tampon métallique dont l'emploi évite des réparations onéreuses et devient rapidement économique.

M. G. Vallée préconise l'emploi de son dispositif transversalement aux chaussées sur des points à déterminer, pour parer aux inconvénients de la dilatation longitudinale. Il a, en outre, établi un modèle spécial destiné à longer les voies de tramways pour empêcher les dislocations que le pavage en bois provoque sur ces voies.

En résumé, le tampon métallique de M. G. Vallée est un dispositif d'une simplicité remarquable, qui remédie à l'un des plus graves inconvénients des pavages en bois : la poussée exercée par la dilatation sous l'influence de l'humidité.

Votre Comité des Arts économiques vous propose de féliciter M. G. Vallée pour son invention et de voter l'insertion du présent rapport au *Bulletin* de notre Société.

Signé : P. Toulon, *rapporteur*,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
Secrétaire de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie nationale.

66575. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes

Questions nos 1 à 3 inclusivement
et
Communication no 3

RAPPORT

PAR
J. SKOUGAARD
Directeur Général des Ponts et Chaussées
Christiania

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHAUSSÉES EMPIERRÉES ET PAVÉES

FONDATION ET ASSAINISSEMENT DES CHAUSSÉES

Matériaux de toute nature utilisés dans la construction et l'entretien des routes

---

Au premier Congrès International de la Route, ce furent tout naturellement les nations les plus grandes et les plus cultivées qui eurent surtout la parole.

Tout ce qu'elles rapportèrent ou proposèrent avait évidemment une importance indiscutable pour tous les pays désireux de travailler au progrès de leurs voies de communication, conformément à des principes techniques rationnels. Il existe cependant entre les conditions de trafic autour des centres importants dans les grandes contrées à population dense et dans les pays peu peuplés, comme par exemple la Norvège, une telle différence, que la construction des routes doit nécessairement s'en ressentir. Il existe sans doute beaucoup d'endroits, sur le continent et en Amérique, où les conditions de trafic ne diffèrent pas sensiblement de celles que l'on rencontre en Norvège, et l'auteur de ces lignes a cru, en conséquence, qu'il pouvait y avoir intérêt à communiquer quelques brefs renseignements concernant un pays, qui n'a qu'un trafic relativement faible, mais qui depuis longtemps travaille avec opiniâtreté à améliorer et à développer ses voies de communication, et dont les routes semblent avoir laissé une impression favorable sur les techniciens et sur les touristes étrangers qui ont eu l'occasion de les visiter.

On peut dire que la construction des routes, suivant les principes modernes, a commencé en Norvège au milieu du dix-neuvième siècle. L'âme de ce mouvement fut l'éminent directeur des ponts et chaussées à cette époque, M. C. W. Bergh,

qui a attaché son nom à de nombreuses et importantes réformes, tant d'ordre technique que d'ordre administratif. Son œuvre fut continuée d'une remarquable façon par son successeur, M. H. H. Krag.

Avant l'époque de M. Bergh, la construction des routes, en Norvège, avait lieu d'après des principes désuets, sans aucun système ni méthode. M. Bergh introduisit toute une nouvelle manière de traiter techniquement et rationnellement les projets de route, en faisant procéder à une étude approfondie des conditions du trafic, du tracé des routes, de leur largeur, de leur mode de construction, de la comparaison entre les diverses alternatives, etc., avant de songer à la construction proprement dite.

Parmi les réformes dues à M. Bergh, je citerai seulement l'emploi d'une certaine sorte de papier quadrillé dans l'étude du tracé de la route. Nous croyons que ce système est particulier à la Norvège, où il est toujours très apprécié dans notre administration des ponts et chaussées. Il nous a paru intéressant de reproduire ici une page de ce papier quadrillé revêtu des dessins et calculs *ad hoc*. (Voir planche I.)

Les grandes routes norvégiennes ont généralement une largeur de chaussée de 4 mètres, mais le prix de la construction est souvent si élevé qu'on a dû, même pour les routes principales, réduire cette largeur, dans les parties les plus difficiles, jusqu'à 2 m. 5.

On a, dans ce cas, établi à des distances convenables des garages ayant la largeur voulue, et situés de telle manière que de l'un on puisse apercevoir l'autre.

Les routes, même les plus importantes de Norvège, ont donc une largeur qui est sensiblement inférieure à celle des routes ordinaires dans la plupart des autres pays, et c'est pourquoi on ne vit pas, sans une certaine crainte, approcher le moment où les automobiles commenceraient à être employées sur nos chemins. L'expérience a montré cependant que les automobiles n'éprouvent aucune difficulté à circuler sur nos routes, et c'est seulement à cause du trafic ordinaire, à la campagne, qu'on a cru devoir interdire, en beaucoup d'endroits encore, l'automobilisme sur les chemins étroits.

A titre de renseignement d'ordre plus général, et qui servira d'ailleurs à démontrer la nécessité où nous nous trouvons en Norvège, avec notre situation particulière, de nous organiser

d'une toute autre façon que dans les pays où le trafic atteint de bien plus grandes dimensions et où l'on en a fini avec la majeure partie des constructions nouvelles, nous exposons ci-dessous les règles établies privisoirement en Norvège, eu égard à l'influence de l'automobilisme sur la construction des routes.

Pour l'étude du tracé d'une route, on devra, dans la mesure nécessaire, avoir égard au trafic des automobiles, mais jusqu'à nouvel ordre ce ne sera cependant que tout autant que la route en question présente des chances d'être parcourue par une diligence automobile faisant un service régulier. Cette restriction a été jugée nécessaire parce qu'il n'a pas paru recommandable de nous mettre actuellement à pourvoir la plus grande partie de nos chemins des modifications exigées par l'automobilisme, alors qu'elles ne profiteraient peut-être qu'à quelques véhicules isolés. Un plan aussi général grèverait, en effet, beaucoup trop lourdement le budget attribué aux ponts et chaussées, et cela au détriment de la construction d'un grand nombre d'autres routes, d'une utilité incontestable

Là où l'automobilisme, conformément à ce qui précède, pourra être autorisé, les règles normales suivantes présideront au tracé et à la construction des routes.

1° *Pentes.* — Le choix des pentes devra s'inspirer de l'opinion actuelle, qui ne permet pas, en général, sur les routes principales de pentes supérieures à 1/20. On s'attachera aussi à obtenir des changements de pente qui ne soient pas trop brusques et à ménager quelques variations dans les rampes particulièrement longues.

2° *Virages.* — Les rayons devront être de 30 mètres au moins. Il faudra éviter autant que possible le changement fréquent des courbes de sens contraire et s'efforcer de masquer le moins possible la vue. Dans les courbes rapides, on augmentera la largeur de la chaussée, et, dans les courbes, en général, la partie extérieure du profil en travers sera surélevée et le revêtement renforcé dans la partie intérieure du virage.

3° *Largeur.* — La fondation empierrée devra avoir une largeur de 4 mètres au moins, et la route devra avoir une largeur totale minimum de 4 m. 5, non compris l'espace réservé aux grosses pierres formant bordures.

4° *Bombement.* — Le bombement de la chaussée, à l'état comprimé, devra être environ de 1/30.

5° *Le revêtement* de la route se composera d'une bonne couche de pierres cassées, conformément aux plus forts profils normaux en usage dans les ponts et chaussées.

6° *Le cylindrage* sera employé en tout cas pour la couche supérieure de pierres.

7° *Le croisement des lignes de chemins de fer ou de tramways* aux passages à niveau devra autant que possible être évité.

Nous allons passer maintenant aux renseignements concernant les questions nos 1, 2 et 3, ainsi que la communication no 3.

1re Question
CHAUSSÉES EMPIERRÉES

(Les chaussées pavées n'existant en Norvège que dans les villes, nous les laisserons de côté dans ce rapport.)

La plus grande partie de nos routes sont construites avec un revêtement de pierres reposant sur une couche de moellons. C'est un mode de construction qui, avec quelques modifications peu importantes, s'est maintenu chez nous depuis l'introduction des systèmes modernes dans la construction des routes en Norvège. On observe, en outre, les règles générales suivantes :

1° L'écoulement des eaux, à la surface comme dans le fond de l'encaissement, est soigneusement assuré.

2° On s'attache à consolider le plus possible les terrassements et les couches principales de la chaussée.

3° La nature du revêtement de la route dépend :

De la facilité de se procurer les matériaux;

De l'intensité de la circulation;

Des conditions climatologiques;

De la nature du terrain et de l'entretien de la route.

4° Le but de la couche de moellons est de former le lit du revêtement de la chaussée. La grosseur de ces moellons dépend donc de la nature du fond de l'encaissement et de l'influence de la gelée.

Lorsque le fond de l'encaissement est constitué par un sol résistant, tel que roches, gros et petits graviers, etc., la couche de moellons est souvent réduite et même quelquefois tout à fait supprimée; la surface de l'encaissement est alors aplanie autant que possible, au besoin par le cassage.

5° La chaussée doit de préférence se composer de pierres cassées. Si le trafic est faible et qu'on puisse se procurer du bon gravier, il peut être convenable de former le revêtement avec du gravier seulement. Mais il faut alors qu'il soit aussi propre que possible, et il est nécessaire de le purger au préalable de toutes les matières inutiles.

On peut recommander dans certains cas de répandre ce que nous appelons des « mélanges », dont les plus grosses parties sont ratissées de façon à former la couche inférieure.

Nous obtenons, en général, avec le cassage sur place un revêtement suffisamment fort : cela nous donne une couche de pierres de 5 centimètres d'épaisseur environ. Il faut cependant prendre soin de ne pas procéder au cassage avant que la couche inférieure n'ait été cassée en morceaux égaux et relativement petits.

6° La meilleure manière d'opérer le revêtement est de faire l'empierrement en plusieurs couches.

7° Son épaisseur dépend de la circulation et du mode d'entretien de la route. On remarque notamment qu'un revêtement soigneusement consolidé et entretenu d'une façon rationnelle peut amener la réduction de l'épaisseur de la couche supérieure. (Voir § 4 ci-dessus.)

8° *Liants.* — Il est nécessaire d'incorporer à la couche supérieure et à la couche inférieure des matières d'agrégation dans la proportion de 30 à 40 p. 100 de la quantité de pierres.

Comme suite aux règles principales que nous venons d'indiquer, nous exposons ci-dessous un certain nombre de types de revêtements, destinés à guider le choix du mode de revêtement qui devra être employé dans les différents cas.

Les conditions peuvent, en effet, différer d'une telle manière qu'il est impossible d'établir un type convenant à toutes les circonstances.

(Types de revêtement de chaussées. — Voir planches II et III.)

Emploi des liants dans la constitution des chaussées empierrées

Les liants jouent un rôle considérable dans la constitution du revêtement de la chaussée. Ils servent à protéger l'empierrement et la couche inférieure contre l'action directe

de la pression des roues, et à agréger les pierres du revêtement de façon à former une couche homogène et solide.

Pendant la construction de la route, on n'a pas toujours la possibilité de consolider le revêtement aussi bien qu'il le faudrait. Il se produit donc, entre les pierres, des interstices qu'on remplit avec des matières d'agrégation. Celles-ci pénètrent peu à peu dans le revêtement et, sous l'action de la circulation, le rendent ferme et tout à fait solide.

Depuis quelques années, on emploie de plus en plus le cylindrage, qui ne se fait cependant qu'au moyen d'un rouleau compresseur à traction animale, ayant une efficacité de compression relativement faible. Le revêtement ne se trouve ainsi qu'insuffisamment consolidé et l'emploi des liants est toujours nécessaire.

Comme matières d'agrégation, on emploiera de préférence du gravier argileux ou, s'il est impossible de s'en procurer, de l'argile.

Les matières d'agrégation ne sont généralement étalées sur la route qu'après que l'empierrement de la chaussée est terminé. On les répand en une couche, dont l'épaisseur doit être telle qu'elle remplisse les interstices et couvre légèrement la pierre elle-même. On procède ensuite à un cylindrage parfait et on recouvre de nouveau la chaussée d'une couche mince de gravier pur, après quoi on fait repasser le rouleau. Les matières d'agrégation sont quelquefois répandues en deux couches minces qu'on cylindre l'une après l'autre. Dans le cas où l'on emploie, au lieu du cassage sur place, un revêtement de pierres cassées au dehors, il faut, avant de procéder à cette opération, placer sur la couche inférieure une couche de liants, qui doit être également passée au rouleau.

On calcule généralement la quantité des matières d'agrégation à 30 à 40 p. 100 de la quantité des pierres et des moellons; mais plus les pierres sont cassées fin et soigneusement, moins il faut de liants.

Nous devons ajouter que nous expérimentons actuellement différents types de rouleaux, ayant une pression suffisante par unité de surface pour qu'on puisse d'un seul coup obtenir une consolidation assez forte de la chaussée, sans que le poids total du rouleau en soit augmenté plus qu'il n'en est besoin. Cette considération a surtout de l'importance à cause

des ponts, qui ne sont généralement construits que pour des pressions d'axe de trois tonnes.

Si ces expériences donnent le résultat désiré, on pourra peu à peu réduire la quantité des matières d'agrégation.

Emploi de bandes de roulement dans les chaussées pavées

Ces bandes n'existent pour ainsi dire pas en Norvège; elles ne se trouvent qu'exceptionnellement dans les villes, ce qui nous dispense de traiter cette question dans le présent exposé.

Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

L'entretien des routes en Norvège n'a pas marché parallèlement au développement de la construction.

La raison en est que l'entretien, dans la grande majorité des cas, est laissé aux soins des districts. Cette circonstance est un grave obstacle à l'introduction de réformes utiles dans le domaine de l'entretien des voies de communication. L'institution des cantonniers acquiert cependant de jour en jour une importance plus grande, et on peut déjà remarquer des signes certains de progrès en ce qui concerne l'entretien des routes. Mais il ne peut être question encore de l'arrosage de nos grandes routes au moyen du goudron, de l'huile, etc. Ce mode de traitement revient à un prix beaucoup trop élevé, et nous devons ajouter que la nécessité ne s'en fait pas non plus absolument sentir, à condition toutefois de veiller à la propreté de la route. Malheureusement, il est souvent difficile de remplir cette dernière condition à cause de l'insuffisance des allocations votées. Il ne peut même pas être question de l'arrosage qui, joint à un balayage approprié, constituerait pourtant sans doute une très bonne protection de nos routes. On n'arrose et on ne balaie que dans le voisinage immédiat des grandes villes.

Dans ces conditions, il ne serait même pas bon d'enlever complètement la poussière de nos routes en été, car une longue période de sécheresse risquerait de désagréger tout l'empier-

rement. Pendant la saison chaude et sèche, il faut donc savoir supporter un peu de poussière sur les chemins norvégiens.

Dans quelques-unes des plus grandes villes, on a employé le goudron, sous une forme quelconque, pour recouvrir certaines rues, et il semble qu'on ait obtenu, dans la plupart des cas, d'excellents résultats. Mais notre expérience en la matière est trop peu ancienne pour qu'on puisse en tirer un enseignement précis, et les données que nous possédons à cet égard ne permettent pas d'établir jusqu'à quel point les différentes méthodes employées conviennent à notre climat.

2e Question

FONDATIONS ET ASSAINISSEMENT DES CHAUSSÉES

Partout où la construction d'une route est effectuée pour le compte de l'Etat, un soin particulier est apporté à l'assainissement de la route et de ses talus ainsi que du revêtement proprement dit.

Dans certains chemins locaux, construits au moyen des ressources fournies par les districts, les considérations budgétaires empêchent parfois de faire tout ce qu'il faudrait pour l'assainissement; étant donné cependant les conditions climatologiques très dures avec lesquelles il faut compter ici, il est permis de craindre que ces économies n'aillent à rebours du but visé.

L'assainissement de la fondation s'opère au moyen de fossés placés des deux côtés de la route. Dans les terrains en pente, un seul fossé, du côté supérieur, suffit le plus souvent. Ces fossés sont creusés dans les parties où le sol se compose de terre ordinaire; ils ont une profondeur de 40 à 50 centimètres, une largeur au fond de 30 à 40 centimètres et une inclinaison de 1 : 1 1/2 des deux côtés. Au niveau de la plate-forme de la chaussée, les fossés ont donc une largeur de 1 m. 5 à 2 mètres environ.

Dans les terrains marécageux, la profondeur des fossés va jusqu'à 1 mètre, et si le sol est très mou, on laisse, en général, un espace entre le fossé et la route. La largeur de ces « banquettes » varie de 1 mètre à 1 m. 5 environ.

Lorsque la route est taillée dans le roc, les fossés ont géné-

ralement une profondeur de 40 centimètres et une largeur de base de 30 à 40 centimètres.

En outre, on établit à des distances convenables — ne dépassant pas ordinairement 80 à 100 mètres — des ponceaux qui traversent la route et facilitent l'écoulement de l'eau provenant des fossés. Ces ponceaux sont aussi employés dans les grands remblais et là où la route rencontre des eaux de filtrations et de petits ruisseaux. Il faut naturellement avoir bien soin de donner aux fossés une bonne pente vers les ponceaux.

Ces derniers sont, en général, construits comme des canaux complètement couverts et faits en maçonnerie sèche. Ils ont ordinairement une section de 60×60 centimètres, mais leurs dimensions varient d'ailleurs considérablement. Cependant ils ont rarement plus de 1 mètre de largeur tandis que leur profondeur peut être beaucoup plus grande. S'ils doivent recevoir beaucoup d'eau, on est souvent obligé de les faire en double ou en triple, à moins que l'on ne préfère construire un petit pont.

Lorsque les frais de transport ne sont pas un obstacle, on emploie fréquemment depuis quelque temps des tuyaux en ciment armé au lieu de ponceaux de maçonnerie. Le diamètre des tuyaux n'est, en général, pas inférieur à 30 centimètres, et on se sert de tuyaux plus grands lorsque cela est nécessaire.

Dans les terrains marécageux, et principalement dans les endroits où la route présente de grands talus, on est souvent obligé d'établir des fossés d'écoulement spéciaux pour drainer l'eau de la surface. Ces fossés sont creusés au-dessus du rebord du talus supérieur et conduisent l'eau complètement en dehors de la route — si cela est possible — ou sinon directement dans un ponceau.

Dans les terrains constitués par de l'argile sablonneux non consistant, il faut procéder à un drainage soigné, sans quoi le talus serait exposé à des glissements. Le moyen de drainage le plus usité consiste en un système de fossés fermés, pratiqués dans le talus lui-même, et dont la profondeur varie de 60 à 100 centimètres. Ils sont remplis de pierres.

Il arrive souvent qu'on garnisse le fond du fossé avec des branchages que l'on recouvre ensuite de pierres.

On emploie quelquefois ces sortes de fossés fermés le long et

au fond du fossé ordinaire de la route, qui offre ainsi une combinaison de fossé fermé et de fossé à air libre.

L'assainissement du revêtement se fait d'abord par la fondation, d'où l'eau s'écoule dans de petits fossés fermés et remplis de pierres, appelés « rigoles », qui la conduisent à travers les accotements bordant la chaussée, et la déverse dans les fossés de la route.

Ces rigoles se placent alternativement des deux côtés du chemin, à une distance de 10 mètres environ les unes des autres de chaque côté. On en a donc une tous les 5 mètres; mais lorsque la route est en pente, la distance entre les rigoles peut être augmentée. Si l'accotement est tout entier composé de pierres, sans banquette de terre, ce qui est généralement le cas dans les coupures en rocher, l'emploi des rigoles devient évidemment superflu.

Dans les terrains argileux, on est souvent obligé de placer une couche de sable au-dessous de la fondation, et il peut même être nécessaire de renforcer considérablement cette dernière afin de résister à l'action de la gelée.

On cherche aussi quelquefois dans ce cas à obtenir un assainissement de la route aussi complet que possible au moyen de fossés remplis de pierres, profonds de 1 mètre environ, et qu'on établit en travers de la route.

Dans les terrains marécageux, il faut, en règle générale, placer une épaisse couche de sable, de gravier ou de terre solide sur la plate-forme marécageuse; mais cette mesure est surtout destinée à obtenir une fondation solide plutôt qu'à assurer le drainage.

Communication n° 3

MATÉRIAUX DE TOUTE NATURE UTILISÉS DANS LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

QUALITÉS A EXIGER EXPÉRIENCE DE RÉCEPTION UNITÉS ADOPTÉES

Construction. — On emploie pour la construction de la route les matériaux qui se rencontrent le long du tracé. Si le sol

est constitué par des marais, de l'argile mouvante ou d'autres matières semblables, on a vu plus haut qu'on plaçait sur la plate-forme, avant de procéder à l'empierrement, une couche de gros sable et de gravier fin (de 15 à 30 centimètres d'épaisseur; voir les profils 3 et 4, planches II et III).

On se sert pour la fondation des roches existant le long du tracé ou dans les environs.

La couche supérieure de pierres cassées est en général de la même nature que la couche inférieure, celle-ci étant formée le plus souvent par le cassage sur place. Mais si l'on a dû employer pour la fondation une sorte de pierre peu résistante, comme par exemple du schiste argileux, on cherchera naturellement à se procurer des matériaux plus forts pour la couche supérieure. Celle-ci est alors formée par des pierres cassées apportées d'ailleurs. Le cassage à la machine n'est qu'exceptionnellement employé.

Il est cependant quelquefois assez difficile de trouver sur place de bons matériaux de cassage; mais nous n'en avons pas moins été obligés, pour des raisons d'économie, de nous servir des matériaux existant sur le tracé de la route ou dans ses environs, bien que nous nous rendions parfaitement compte que nous ne pouvions de cette façon obtenir qu'une route moins bonne.

En général, on peut toutefois compter trouver sur place des matériaux de cassage convenables, les matières rocheuses telles que le granit, le gneiss, la syénite,etc., existant en grandes quantités en Norvège.

Il a été impossible d'établir des conditions déterminées, en ce qui concerne la qualité des pierres du revêtement. Nous ne possédons pas non plus, jusqu'à présent, d'institution qui s'occupe d'expérimenter les matériaux de l'empierrement. La seule condition exigée est que les pierres soient aussi fortes et aussi égales que le permettent les circonstances.

La détermination de la grossseur des pierres est également assez élastique, ce point dépendant de l'importance de la route et de la facilité qu'on a à se procurer de bon gravier. Si l'on ne prévoit qu'un trafic peu important, et que d'autre part on puisse obtenir du gravier pur et solide, les pierres pourront sans inconvénient être cassées grossièrement. Si, au contraire, on s'attend à un trafic lourd, il faudra réduire le gravier (les liants) au minimum, et, dans ce cas, les pierres

de la surface devront être de petite dimension (passer dans un anneau de 6 centimètres de diamètre).

Lorsque la circulation est peu active et qu'il est impossible de se procurer de bon gravier, les pierres sont cassées de telle sorte qu'elles puissent passer dans un anneau de 4 centimètres de diamètre.

Nous avons dit plus haut que le cylindrage était de plus en plus employé, bien que nous n'en soyons encore qu'à l'âge du rouleau à traction animale.

Entretien. — Ce que nous avons déjà écrit de la couche supérieure de pierres, en ce qui concerne la construction, s'applique aussi à l'entretien en général. Mais il nous faut répéter et faire ressortir de nouveau que l'entretien des routes étant le plus souvent laissé aux soins des districts, il est quelquefois difficile d'obtenir les allocations nécessaires pour pouvoir en somme employer les pierres cassées dans l'entretien des chemins. Il peut naturellement s'en suivre un état fatal pour la conservation de la route. Il semble cependant que nous ayons lieu d'espérer arriver peu à peu à un arrangement, d'après lequel les autorités chargées des allocations budgétaires fourniraient les matériaux d'entretien que la direction technique compétente jugerait nécessaire.

Les pierres cassées, employées pour l'entretien des routes, devront presque toujours être de petite dimension; mais on se servira naturellement de pierres plus grosses lorsqu'il s'agira de combler de grandes excavations.

Le système d'entretien « à point » joue encore le rôle le plus important dans l'entretien de nos routes, mais il paraît probable que l'emploi du système des rechargements généraux, avec cylindrage, se développera de plus en plus chez nous, au moins sur les routes, où il pourra se produire un trafic important de diligences automobiles. Tout porte à croire d'ailleurs que nous devons nous attendre à cette éventualité en Norvège, où se trouvent des districts très étendus, qui ne peuvent d'ici bien longtemps espérer l'ouverture de lignes de chemins de fer.

3e Question
ÉTABLISSEMENTS DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTE
Avantages et inconvénients
Influence sur le mode et les dépenses d'entretien

On a souvent discuté la question de savoir si l'on devait combiner la construction d'un chemin de fer d'intérêt local avec la construction de la route, de telle façon que la voie ferrée serait placée à côté de la chaussée et sur la même plate-forme. Dans plusieurs cas même, des projets d'alternative ont été établis pour des combinaisons de ce genre.

Les calculs ont cependant démontré que, dans une contrée accidentée et rocheuse comme la Norvège, il était plus avantageux, au point de vue des dépenses, d'exécuter ces deux constructions indépendamment l'une de l'autre. Dans les terrains présentant une forte déclivité, ce qui est le plus souvent le cas en Norvège, les terrassements, et par là même les dépenses de construction monteraient très rapidement si la largeur de la plate-forme devait être augmentée.

A ceci viennent s'ajouter des considérations relatives à l'entretien, rendu très difficile principalement pendant l'hiver, par les fortes chutes de neige, partout où la voie du chemin de fer longerait la route.

Les conditions de terrain très malaisées en face desquelles on se trouve en Norvège nécessiteraient certainement des mesures de sûreté spéciales pour assurer la liberté du trafic, et une combinaison comme celle-ci entraînerait en tout cas des inconvénients de différente nature.

Pour ces raisons, on n'a pas cru devoir, en Norvège, établir de chemins de fer ou de tramways sur les routes, à l'exception peut-être de quelques parcours de peu d'étendue, dans le voisinage des grandes villes.

Christiania, le 2 Décembre 1909.

J. SKOUGAARD,
Directeur Général des Ponts et Chaussées.

63560. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Piquet n

Piquet no. 150

Plan prélimi de détail

Page. 5

Propriétaire

Nature du terrain valeur en kr. par ar — Terrain inculte

Nature du sol — sses pierres, terre sablonneuse

Rampe 1 par

×50

Virages pour le pla de détail

Cout pour m. cour pour le plan génér

matériaux de maçonnerie à 50m de là

Cubature par Falk

Canton Horgendalen

Ponceau au travers de la route (0,6 × 0,6) m

Lignes extérieures du profil 2 m. de la ligne médiane

Nivellé le 16/9-96 par Wold

Ligne de partage par Holm

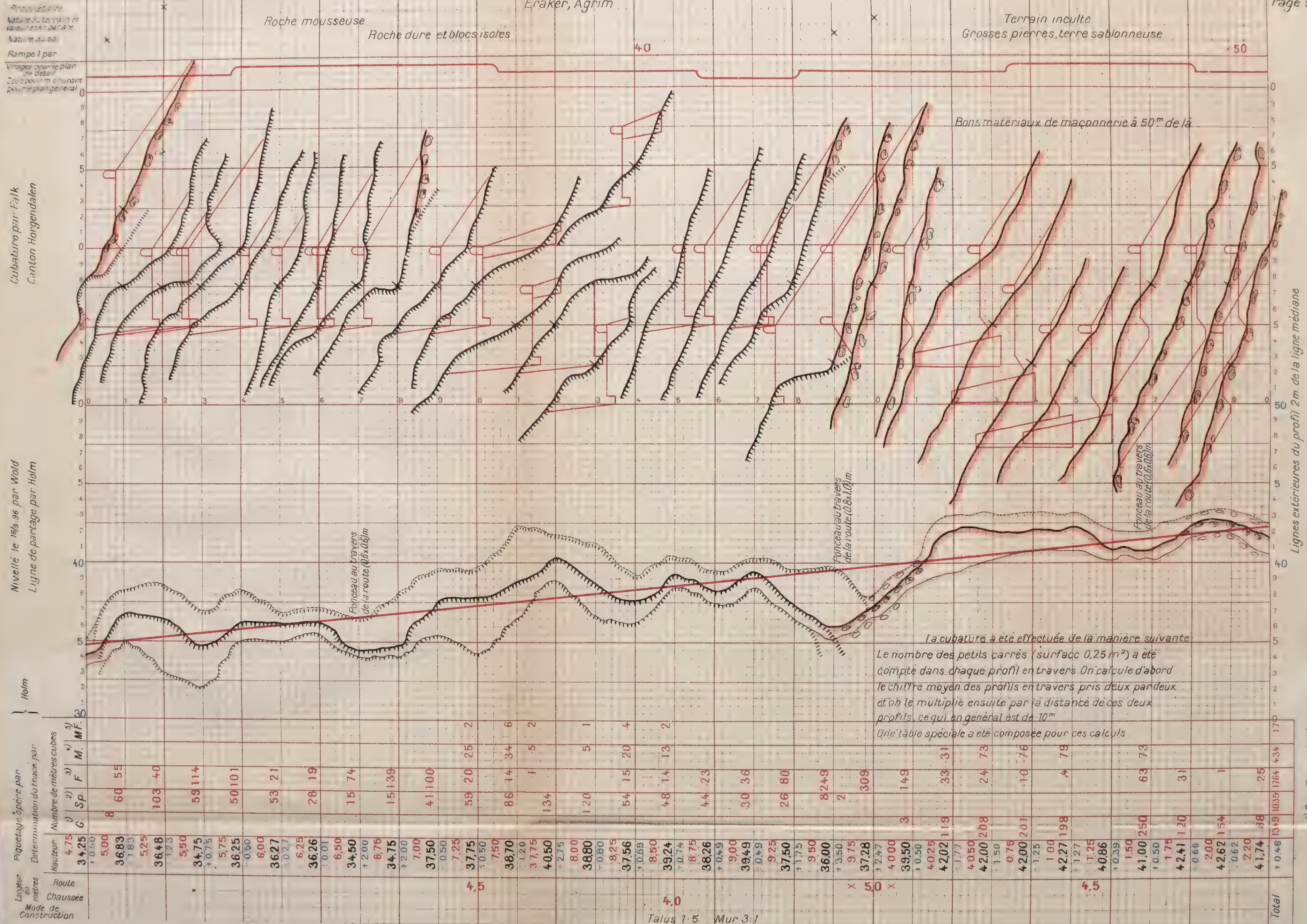
e a été effectuée de la manière suivante

ts carrés (surface 0,25 m²) a été

pied de mur

Piquet no.120 Piquet no.130 Piquet no 140 Piquet no.150

Plan préliminaire les petits carrés 100m de l. 10 de h. plan général les petits carrés 10m de l, 2m de h. plan de détail les petits carrés 2m de l., 0.5m de h. Profil fait à l'echelle du plan de détail

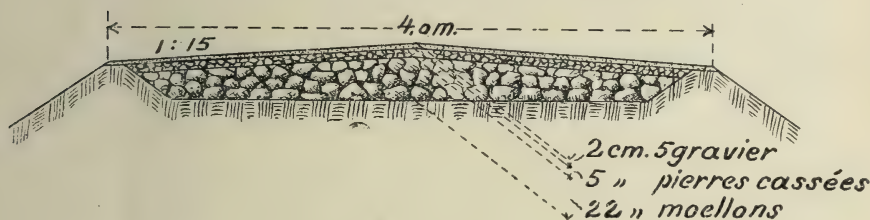


Lignes extérieures du profil 2m. de la ligne médiane

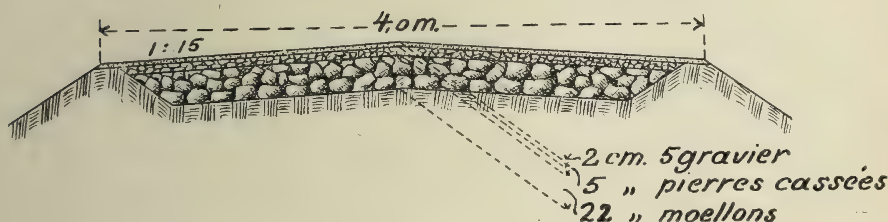
1) G. Terres à déblayer
2) Sp. Roche à creuser
3) F. Remblai
4) M. Mur
5) MF. Creusage à la mine pour pied de mur

REVÊTEMENT DE LA CHAUSSÉE POUR UN TRAFIC IMPORTANT

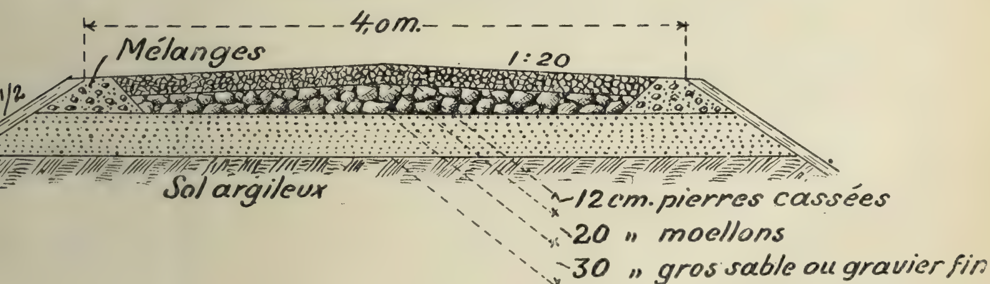
1. EN TERRAIN ORDINAIRE.



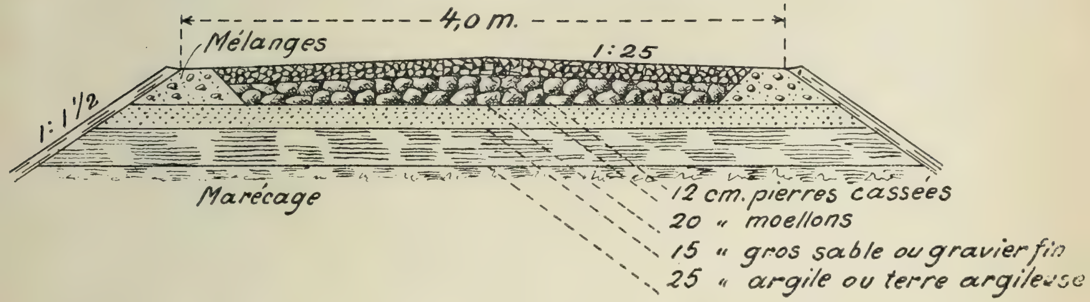
2. EN TERRAIN ORDINAIRE.



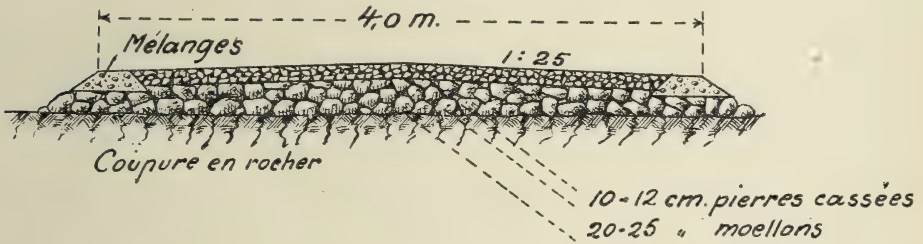
3. EN TERRAIN DIFFICILE.



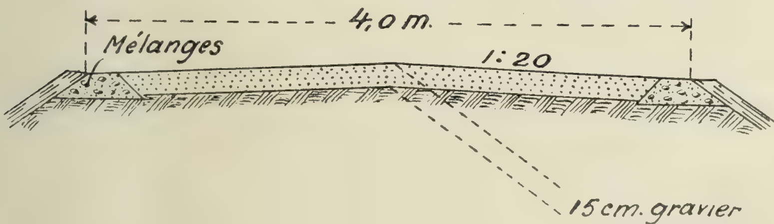
4. EN TERRAIN MARÉCAGEUX.



5. EN PLEIN ROC.



6. REVÊTEMENT DE LA CHAUSSÉE EN GRAVIERS POUR FAIBLE TRAFIC — EN TERRAIN ORDINAIRE.



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR
SPERBER
Oberingenieur, Hamburg
ET
FRANZE
Stadtrat, Francfurt a/M.

Vereinigung der technischen Oberbeamten
Deutscher Städte

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

DIMINUTION DE LA POUSSIÈRE SUR LES VOIES PUBLIQUES

Rapport présenté à la séance de la Vereinigung der technischen Oberbeamten deutscher Stadte, tenue à Zurich, le 7 Septembre 1909

Messieurs,

Sur l'initiative de notre distingué collègue, M. Steuernagel, le Comité de notre Association a décidé d'essayer de déterminer, par une enquête auprès des villes allemandes de plus de 50 000 habitants, dans quelle mesure et avec quelle part de succès on a tenté de lutter contre la poussière sur les voies urbaines.

Le Comité nous a priés, M. Franze et moi, de vous rendre compte, dans la réunion d'aujourd'hui, des résultats de l'enquête poursuivie. Mais, comme mon collègue, M. Franze, est absent, il m'a prié de vous faire connaître, en même temps que mon rapport, ce qui se dégage des réponses dont il a fait le dépouillement.

J'ai accepté cette mission avec d'autant plus de plaisir qu'il m'est donné par là de vous présenter en un seul exposé synthétique l'ensemble des résultats de l'enquête.

Mais avant de procéder à la lecture de cet exposé, vous voudrez bien me permettre de vous rappeler brièvement les mesures qui ont été prises jusqu'ici dans les villes pour faire disparaître la poussière des routes et pour fixer le plus possible la poussière *sur* les routes.

On sait assez de quelle façon se produit la poussière et quel effet nocif elle a sur la santé des habitants de la ville et de la campagne, pour que je n'aie pas besoin d'étudier cette question.

L'augmentation générale de la circulation dans les villes et surtout l'apparition des automobiles sur les routes ont aggravé à un tel point le fléau de la poussière dans les agglomérations et hors traverse, que les services de voirie, aiguillonnés par les exigences toujours plus vives de l'hygiène, se sont intéressés au delà de ce qu'on pouvait attendre, à toutes les questions touchant à la suppression de ce fléau et que, dans leurs efforts pour le combattre, ils ont eu recours aux moyens les plus variés. Ces moyens consistent :

1° En prescriptions de police destinées à diminuer la formation de la poussière et de son expansion ;

2° Dans le perfectionnement des revêtements par les services de voirie ;

3° Dans l'élimination de la poussière des routes ;

4° Dans la fixation de la poussière sur les routes.

En ce qui concerne le premier point, les ordonnances de police contiennent des dispositions défendant de déposer des ordures sur les routes et ordonnant d'abattre la poussière résultant des démolitions au bord de la voie publique. Par contre, on ne s'est pas assez attaché à empêcher la poussière de se répandre au passage des tombereaux d'ordures municipaux, des tramways électriques et des charrois de matériaux poussiéreux, bien qu'il soit possible, par la voie des ordonnances de police, de diminuer cette propagation et les inconvénients qui en résultent pour le public.

En ce qui concerne le second point, l'expérience a montré que la formation de la poussière sur les voies publiques dépend de l'état plus ou moins raboteux du revêtement et de la résistance des matériaux de construction des routes. La reconnaissance de ce fait a conduit à la disparition progressive des empierrements dans la banlieue des villes et à leur remplacement par des revêtements unis et sans joints ou bien constitués par des matériaux extrêmement durs avec joints cimentés. Plus les services de voirie avancent dans cette voie, plus ils satisfont, d'une part aux exigences d'une économie bien entendue, et d'autre part à celles de l'hygiène, tendant à la diminution non seulement de la poussière, mais aussi du bruit sur les voies urbaines. Or, pour atteindre ce double but, il n'est tel qu'un revêtement sans joints, uni et résistant.

En ce qui concerne le troisième point, la disparition de la poussière des voies urbaines est liée à la question du nettoyage

à la machine ou au balai à main et de celle de l'enlèvement de la poussière. Malgré la longue pratique qu'on en a, ces opérations s'effectuent encore par des procédés primitifs : même avec un bon arrosage préalable, la poussière ne réapparaît-elle pas et ne se répand-elle pas à nouveau sur la route pendant le balayage, et surtout pendant qu'on charge et qu'on transporte les ordures ?

Aussi conviendra-t-il de s'attacher davantage au perfectionnement des balayeuses avec dispositif d'arrosage sur le devant, aussi éloigné que possible des brosses rotatives et agencé de façon que l'eau, sous une faible pression, s'éparpille le plus possible en fines gouttelettes, ainsi qu'au perfectionnement des tombereaux d'enlèvement, qui devront pouvoir se charger sans poussière. On doit consacrer une attention toute particulière aux projets de machines susceptibles de recueillir la poussière des rues et permettant le remplissage et la vidange des voitures spéciales sans formation nouvelle de poussière. Malheureusement, les tentatives en cette matière n'ont pas encore abouti à des dispositifs irréprochables et relativement peu coûteux ; mais la question est trop sérieuse et d'un intérêt trop évident pour qu'on ne puisse espérer, dans un avenir relativement prochain, une solution pratique du problème que saura trouver l'esprit inventif de nos ingénieurs constructeurs.

Les mesures ci-dessus ne doivent pas faire passer à l'arrière-plan les remèdes contre la poussière qui ont été employés ces temps derniers pour la fixer et l'empêcher de se soulever pendant la partie de la journée où la circulation est la plus intense et où l'on ne peut que la gêner si l'on veut nettoyer les rues.

En ce qui concerne le quatrième point, le plus ancien et le plus répandu des moyens pour fixer la poussière, consiste à arroser à l'eau les voies urbaines, les routes hors des villes et les chemins sablés. Toutefois, en raison de l'évaporation rapide de l'eau, la fixation de la poussière par ce moyen ne peut être qu'extrêmement défectueuse et très éphémère ; d'autre part, la longueur de routes poudreuses en dehors de la banlieue des villes et la distance des bouches d'eau ou fontaines sont telles, que la fixation de la poussière par l'arrosage à l'eau n'y peut pas donner les moindres résultats ; enfin, la multiplication des automobiles à allure rapide, qui a vivifié la circulation routière un moment ralentie par le développement des voies ferrées, a étrangement aggravé le fléau de la poussière ; pour toutes ces

causes, le besoin d'un remède s'est fait sentir d'une façon si pressante et si catégorique que les techniciens, les médecins et les chimistes ont tous mis à l'ordre du jour la fixation de la poussière en excluant l'eau comme moyen, et ont dirigé leurs recherches dans un autre sens.

Il y a longtemps, et c'est probablement par hasard, qu'on a observé que les huiles et graisses de toute nature ont, non seulement la propriété de fixer la poussière sur les routes, mais aussi celle de raffermir les revêtements mous, qui tendraient à fournir beaucoup de poussière. Les vernis, les laques et les solutions résineuses produisent le même effet. C'est sur ces observations qu'ont été basés les premiers essais de fixation de la poussière. Dans les tentatives et les discussions postérieures, on a songé aussi à d'autres moyens appropriés pour le même but.

Il ne saurait être question d'employer à cet effet les vernis, laques et solutions résineuses qui reviendraient trop cher pour de grandes surfaces à couvrir.

Voici ce qu'on a surtout essayé jusqu'à présent pour la fixation de la poussière :

a) L'arrosage de la route avec des solutions de sels hygroscopiques ;

b) L'arrosage de la route avec du pétrole brut, des huiles de goudron et d'autres huiles fluides ;

c) L'arrosage de la route avec des huiles s'émulsionnant à l'eau ;

d) Le badigeonnage des chemins sablés et routes empierrées avec du goudron de houille, d'autres goudrons, du mazout et autres substances demi-solides préalablement chauffées (ce qu'on appelle le goudronnage superficiel) ;

e) L'incorporation à la pierraille des routes macadamisées d'huiles émulsives ;

f) L'incorporation à la pierraille des routes macadamisées de goudron de houille, d'autres goudrons, de mazout ou de substances analogues demi-solides.

Il ne peut être question des aménagements a) et c) que pour les revêtements d'asphalte, de bois ou de pavés de pierre, car en raison de l'efficacité trop brève de ces moyens, ils ne peuvent être utilisés que pour des circonstances toutes particulières, où l'on désire fixer la poussière pour très peu de temps.

En ce qui concerne le premier moyen a), l'arrosage aux

sels hygroscopiques, parmi lesquels on emploie surtout le chlorure de calcium (produit de la fabrication de la soude), le chlorure de magnésium, la rustomite, l'antipoussiérite (dissolution de chlorure de magnésium) et les solutions de sels marins, est basé sur ce fait que ces sels recherchent l'eau avec une avidité toute particulière et sont à même, par suite, d'entretenir l'humidité sur le revêtement pendant quelque temps, et de le préserver ainsi de la poussière. Mais l'efficacité de ces remèdes est si limitée qu'il ne peut être question de les employer avec succès, en général, que par les temps secs et sur les routes qui ne peuvent être arrosées par la municipalité, à condition de renouveler l'opération à des intervalles variant entre deux jours et deux semaines. Néanmoins, ces produits demeurent très utiles pour arroser les routes avant de les balayer par les temps de gelée, car ils ne gèlent pas jusqu'à un certain degré de froid et permettent ainsi de balayer les rues sans soulever de poussière, même quand il gèle.

En ce qui concerne le remède *b)*, l'arrosage au pétrole brut, aux huiles de goudron, aux distillats de pétrole, a pris de grandes proportions en Amérique ; mais il n'a pu s'étendre en Allemagne en raison des frais élevés qu'il entraîne, de l'odeur persistante et désagréable qui se dégage et du danger qui résulte de l'inflammabilité.

Les expériences faites en Amérique avec ces substances. notamment avec les huiles de goudron, en vue de fixer la poussière, sont très encourageantes. On emploie aussi en Allemagne l'apokonin, produit mis dans le commerce par la maison A. F. Weber ; il est composé d'un mélange d'huiles lourdes de goudron avec des hydrocarbures à point d'ébullition plus élevé et est répandu à chaud, sous une pression de trois atmosphères, sur le revêtement : certaines personnes préconisent l'efficacité et l'action prolongée de ce produit.

En ce qui concerne le remède *c)*, ce qui a surtout conduit à employer des huiles minérales et les huiles de goudron en émulsions (Westrumite, Duralite, Gulophine et noms semblables), dont la viscosité n'est pas beaucoup plus grande que celle de l'eau, ce fut l'idée de diminuer la quantité d'huile répandue sur le revêtement quand on arrose avec le pétrole brut, les huiles de goudron et les distillats de pétrole; et par suite, la formation d'enduits graisseux par les temps humides, ainsi que la dépense considérable qu'entraînent ces procédés, tout en faisant dispa-

raître également les inconvénients qu'on avait observés avec l'huilage. A cet effet, on arrive à dissoudre artificiellement les huiles de goudron, d'asphalte et de pétrole par saponification ou autre réaction chimique, de façon qu'on peut les mélanger avec de l'eau sans qu'il se produise une dissociation des huiles. Ces émulsions d'huile et d'eau, avec lesquelles on arrose le revêtement, répartissent l'huile en gouttelettes très fines : le liquide pénètre dans la poussière et aussi dans la chaussée même, jusqu'à un certain degré ; les substances contenant l'huile en dissolution se volatilisent, l'eau s'évapore et l'huile reste sur la chaussée pour fixer la poussière. Etant donnée la faible proportion d'huile déposée sur la route à chaque arrosage, on ne peut naturellement pas obtenir une fixation de la poussière pour une période un peu longue ; il faut alors renouveler à intervalles rapprochés, les arrosages aux huiles en émulsion, pour augmenter progressivement la quantité d'huile incorporée au revêtement des routes empierrées et des chemins sablés et, par suite, l'efficacité et la durée de la fixation de la poussière. Mais, avec ces arrosages multiples, les frais augmentent au point que même les municipalités riches ne peuvent utiliser ce procédé pour fixer la poussière sur de grandes surfaces, et se voient obligées de n'arroser avec ces émulsions que les dallages d'asphalte et les pavages de bois, parce qu'on peut, dans ce cas, délayer l'huile considérablement. C'est la question financière qui a surtout incité à employer, pour fixer la poussière sur les routes, d'autres produits que les huiles en émulsions et on est arrivé à l'idée d'utiliser à cet effet le goudron de gaz, presque exclusivement d'ailleurs, pour les chemins sablés et les routes empierrées, car, pour des raisons qu'on aperçoit facilement, il n'est pas possible de goudronner les pavages d'asphalte, de bois ou de pierre.

En ce qui concerne les remèdes *d)*, *e)* et *f)*, on emploie le goudron de gaz aussi bien pour le goudronnage superficiel que pour le goudronnage interne ou incorporation à la chaussée. Pour ces deux utilisations, le goudron doit le plus possible être chaud (90 à 120° C.) et bien liquide : dans ce double but, on chauffe le goudron en le dépouillant par là de l'eau et de l'ammoniaque qu'il contient, et on y ajoute des huiles claires, comme les huiles d'anthracène, de créosote ou les distillats de pétrole.

Les autres huiles volatiles contenues dans le goudron n'en doivent pas être dissociées, autant que possible. Pour le goudronnage superficiel, il convient, avant d'enduire le revêtement

de goudron, qu'il soit réchauffé le plus possible, soit par les rayons du soleil, soit par le passage des cylindres chauds employés pour l'asphalte comprimé.

La chaussée doit être un peu poreuse, afin de permettre la pénétration du goudron ; il est à recommander, à cet effet, de nettoyer préalablement la route de toute poussière et d'enlever, autant que possible, également les particules fines de la couche supérieure du revêtement.

La chaussée doit être *absolument sèche.* Il n'y a que là où cet ensemble de conditions se trouvait réuni que le goudronnage superficiel a bien réussi. Pour cet emploi, je désirerais mentionner encore le goudron végétal. Un mélange d'une partie de goudron végétal distillé avec deux parties d'huile d'anthracène et de créosote, appliqué à froid, aura pour effet de fixer la poussière et de raffermir le revêtement.

Le goudronnage interne des routes macadamisées consiste essentiellement à mettre sur la fondation et à cylindrer une couche de pierraille bien enrobée de goudron, d'une épaisseur de 8 à 14 centimètres, et, par-dessus, une nouvelle couche de pierraille également imprégnée de goudron et bien cylindrée. Pour achever, on procède encore parfois à un goudronnage superficiel.

Les conditions pour réussir dans le goudronnage interne sont : que la pierraille et les éclats de pierre qui doivent être enveloppés de goudron soient parfaitement secs, que le goudron soit chaud, la pierraille chauffée et que l'opération se fasse par un temps sec.

On a eu beaucoup d'insuccès avec le goudronnage interne, le revêtement ne s'étant pas raffermi. Cet inconvénient tend à ce qu'on a cylindré la pierraille immédiatement après le goudronnage, quand elle était encore humide, ou bien après que la couche goudronnée mise sur la fondation avait complètement durci. Les deux procédés doivent forcément conduire à un échec, parce que, d'un côté, avec une pierraille goudronnée humide sous le revêtement imperméable, la transformation nécessaire du goudron en liant ne peut pas s'opérer et que, d'un autre côté, avec un goudron complètement durci, la faculté de cohésion disparaît pour toujours. Ayant reconnu ce fait, le constructeur de routes Aeberli, de Zurich, a suivi une direction nouvelle qui promet de devenir très importante pour l'avenir du goudronnage interne.

Aeberli a constaté que la pierraille goudronnée, sous une couche de sable, subit une transformation en une matière qu'il appelle faussement de l'asphalte. L'asphalte est, en effet, exclusivement du calcaire imprégné de bitume, et la transformation du goudron découverte par M. Aeberli n'aboutit à rien d'autre qu'à la formation de brai mou qui devient du brai dur par l'effet de l'air.

Aeberli tire parti de son observation pour instituer un nouveau procédé de goudronnage interne que voici :

La pierraille absolument sèche et bien chauffée est totalement enrobée de goudron de houille chaud (Aeberli indique 35 à 40° centigrades), mise en tas et bien recouverte de sable. On la laisse intacte dans cet état pendant trois semaines environ, période pendant laquelle se forme le brai mou, qui possède un très grand pouvoir d'adhérence. On étale alors la pierraille ainsi enduite de brai mou sur la fondation en couche épaisse de deux fois la longueur de l'arête des pierres, c'est-à-dire de 8 à 14 centimètres, et l'on cylindre comme il faut ; puis on laisse le tout exposé pendant trois à quatre jours à l'action de l'air et du soleil. Pendant cette période, il se forme du brai dur autour des pierres, et grâce à l'agglutination intime des faces de pierres et au durcissement du brai mou, on obtient un lit de pierraille solide et imperméable. Sur ce lit de pierraille, Aeberli dispose une couche d'éclats traités de la même manière et la cylindre de façon qu'elle ait une épaisseur de 3 à 5 centimètres.

Ce procédé donne des résultats excellents, et je recommande de l'essayer sur une grande échelle.

En France et en Angleterre, on a fait de nombreux essais de goudronnage, soit superficiel, soit interne, et les résultats ont varié suivant le plus ou moins de soin apporté à l'exécution du travail. Qu'il me soit permis ici de citer un homme qui s'est longuement employé à faire adopter le goudronnage comme moyen de fixer la poussière, et dont les indications orales et écrites devraient servir de guide pour tous les essais de goudronnage entrepris dans tous les pays. Je veux parler du Docteur philanthrope Guglielminetti qui, à ma connaissance, répond de la façon la plus aimable à toutes les questions qu'on lui adresse, en puisant dans son riche répertoire d'expériences.

Voici les avantages qu'on a trouvés au goudronnage en France et en Angleterre :

1° Diminution considérable de la formation de la poussière et de la boue ;

2° Accélération de l'asséchement de la chaussée ;

3° Uni du revêtement, qui ressemble à un dallage d'asphalte ;

4° Suppression de toute déformation du revêtement après son achèvement ;

5° Disparition des frayés ;

6° Diminution de l'entretien, de sorte que les frais supplémentaires du goudronnage se trouvent compensés tout en procurant le bénéfice de la fixation de la poussière et du bon aspect de la chaussée. Je désirerais qu'on pût bientôt nous faire savoir que d'aussi bons résultats ont été obtenus partout en Allemagne.

Je vais maintenant vous donner communication du résumé des réponses aux questions adressées aux municipalités.

Les trois listes de questions ont été envoyées à 89 villes : à la liste relative au goudronnage superficiel, 43 villes ont répondu ; à la liste relative au goudronnage interne, 11 villes ; à la liste relative à l'emploi de remèdes pour fixer la poussière, 32 villes.

On ne peut pas dire que les résultats soient brillants ; mais je présume que dans beaucoup de villes, les routes macadamisées ne sont pas construites de façon irréprochable au point de vue de la salubrité et qu'on appréhende de recourir aux moyens de fixer la poussière, à cause des frais élevés qu'ils occasionnent.

Résumé des résultats de l'enquête.

Par l'ingénieur en chef Sperber, de Hambourg, et le conseiller municipal Franze, de Francfort-sur-Mein :

I. — *Résumé des expériences de goudronnage superficiel des chaussées et trottoirs entreprises par 43 villes allemandes :* Aix-la-Chapelle, Augsbourg, Berlin, Bielefeld, Bochum, Brunswick, Breslau, Charlottenbourg, Chemnitz, Cologne, Crefeld, Dantzig, Darmstadt, Dortmund, Dresde, Essen, Flensbourg, Francfort-sur-Mein, Fribourg en Bavière, Gelsenkirchen, Géra, Hagen, Hambourg, Hanovre, Heidelberg, Kaiserslautern, Carlsruhe, Königsberg, Leipzig, Lubeck, Mayence, Mannheim, Metz, Mulhouse en Alsace, Munich, Munster en Wurtemberg, Nurem-

berg, Osnabrück, Pforzheim, Stettin, Stuttgart, Wiesbaden, Würzbourg.

Goudronnage superficiel, simple et double. — Les chaussées des routes macadamisées, les trottoirs sablés et les pistes cyclables reçoivent une couche, simple ou double, de goudron mélangé avec du sable, de la poussière ou des éclats de pierre, sur une épaisseur de 5 à 20 millimètres.

Matière goudronneuse. — La plupart des villes emploient du goudron brut, débarrassé d'eau le plus possible, et venant directement de l'usine à gaz ; il n'y a que Munich qui se soit servi, en outre, de goudron distillé et d'un mélange de brai et de goudron. Berlin, Stettin, ont employé du goudron distillé, Königsberg et Munster du goudron épuré. Cologne a fait en outre des essais avec l'Apokonia. Stettin et Lubeck ajoutent au goudron un peu d'huile de goudron (jusqu'à 25 p. 100) pour le fluidifier. Dresde a employé des huiles minérales brutes, des huiles de goudron avec ou sans addition de goudron, et de l'Apokonia. En général, on chauffe le goudron jusqu'à ce qu'il bouille, à une température variant entre 70 et 130° centigrades, suivant qu'il a été plus ou moins débarrassé préalablement de l'eau et de l'ammoniaque qu'il contient, de sorte que sa température au moment de l'application sur la chaussée est de 60 à 80°, d'après la municipalité de Stuttgart, et en moyenne, de 90 à 100°. Bielefeld a employé le goudron chauffé seulement à 40° centigrades. A Cologne, on chauffe l'Apokonia à 80 ou 100° centigrades.

On n'a employé le goudron à froid qu'à Brunswick, à titre d'essai, sur une petite section de trottoir.

II. — *Genre de goudronnage et travaux accessoires.* — On a fait des essais assez importants à Aix-la-Chapelle, Augsbourg, Bielefeld, Dresde, Dortmund, Francfort-sur-Mein, Essen, Gelsenkirchen, Hagen, Fribourg, Kaiserslautern, Carlsruhe, Leipzig, Mayence, Mannheim, Nuremberg, Pforzheim, Wiesbaden.

On a d'abord nettoyé les routes à fond avec le balai à main ou la balayeuse (à Mayence, avec le balai et la lance). A Dantzig, on a d'abord repiqué le revêtement ; puis on a nettoyé la chaussée et répandu le goudron avec des arroseuses, des tonneaux d'arrosage, de vieux tuyaux d'arrosage ou des arrosoirs. Pour les trottoirs, on livre pendant cinq ou six semaines à la circulation le revêtement de pierraille, de sable ou de scories

de 6 à 10 centimètres d'épaisseur ; parfois on le cylindre à nouveau (Brunswick) ; puis on applique le goudron. A Wiesbaden, depuis 1904, on a goudronné toutes les cours d'écoles et on a obtenu de très bons résultats.

Le goudronnage des chaussées a été pratiqué *exclusivement sur des revêtements anciens* à Augsbourg, Breslau, Darmstadt, Gera, Metz et Wurzbourg, *en partie sur des revêtements anciens, en partie sur des nouveaux*, à Brunswick, Chemnitz, Cologne, Fribourg, Dresde, Hagen, Hanovre, Heidelberg, Kaiserslautern, Carlsruhe, Lubeck, Mayence, Mannheim, Stettin, Stuttgart, et enfin *exclusivement sur des revêtements neufs* à Aix-la-Chapelle, Leipzig, Nuremberg, Osnabrük, Königsberg et Pforzheim. Certaines villes n'ont goudronné, parmi les revêtements anciens, que ceux qui étaient bien entretenus (Heidelberg, Bielefeld, Mannheim) ; dans neuf villes, on a préalablement remis en état les revêtements. Une ville (Stuttgart) ne goudronnera à l'avenir que des *revêtements neufs*, se ralliant ainsi aux errements d'Aix-la-Chapelle, de Leipzig, etc. Dantzig n'a pas fait de goudronnage, mais mis sur l'ancienne pierraille goudronnée une couche de gravier imprégné de goudron chaud, sur une épaisseur de 10 centimètres, après cylindrage.

L'intervalle entre l'achèvement du revêtement et le goudronnage varie beaucoup ; de quelques jours (Heidelberg, Kaiserslautern, Mayence, où l'on attend seulement que le revêtement soit bien sec) à un ou deux ans (comme à Chemnitz). A Mannheim, le goudronnage de revêtements cylindrés peu de temps auparavant n'a pas réussi. La plupart des villes recommandent de goudronner au bout de deux à quinze semaines et en moyenne six à huit semaines après l'achèvement du revêtement neuf, à condition que la route ait eu le temps de bien sécher.

La plupart recommandent aussi, comme époque la plus favorable pour le goudronnage, la période s'étendant entre mai et octobre, et surtout juin, juillet et août, en tout cas un temps sec. S'il pleut, les travaux doivent être interrompus jusqu'à ce que la route soit redevenue bien sèche.

On recouvre presque exclusivement avec du sable ; dans certains cas, on a ajouté une couche de détritus de pierres ou de cailloutis de la route. On ne renouvelle ce recouvrement qu'aux endroits où reflue le goudron humide. Wurzbourg applique une couche épaisse de sable, Chemnitz de la poussière de granulite (après double goudronnage). Darmstadt fait une seconde appli-

cation légère de sable. Certaines villes font le recouvrement immédiatement après le goudronnage, d'autres attendent quelque temps, depuis trois à six heures jusqu'à un jour et demi et deux jours (à Breslau, on attend quatre à cinq heures, à Augsbourg jusqu'à la fin de l'opération).

La période s'étendant entre l'achèvement du goudronnage et le moment où la route est livrée à la circulation, varie beaucoup. Treize villes livrent aussitôt la route à la circulation (à Brunswick et Crefeld au bout de trois à dix heures, à Cologne après deux heures au plus tôt et après huit heures au plus tard ; à Hagen, au bout de quatre à six heures ; à Berlin, au bout de cinq heures, suivant les conditions météorologiques) ; 14 villes livrent la route à la circulation le lendemain du goudronnage, 3 attendent deux jours, 5 autres trois jours, si possible.

Dans la grande majorité des villes, on ne s'est pas du tout plaint que le goudron ait une odeur désagréable ou salisse les vêtements ; dans certains cas, des réclamations se sont élevées à la première application, puis elles ne se sont pas reproduites. Dans une ville, des réclamations sont parvenues des sections où il avait plu avant l'achèvement du goudronnage (probablement avant le sablage) ; dans une autre ville, on s'est plaint que les enfants salissaient la façade des maisons riveraines ; dans une troisième, que les pas salissaient les parquets d'une villa. Gelsenkirchen indique que l'on s'est plaint de salissures aux roues et à la carrosserie des automobiles et voitures de luxe. On ne s'est plaint nulle part que les arbres des avenues aient eu à en souffrir. Dans trois villes, on s'est plaint que les piétons se salissaient.

Aucune ville n'a eu recours à des produits goudronneux à froid.

III. — *Qualités exigées du goudron.* — La plupart des municipalités n'établissent aucune prescription. Quand il en existe, elles se bornent à spécifier que le goudron doit être autant que possible exempt d'eau, pris directement à l'usine à gaz et chauffé à 50° au moins (Pforzheim), entre 60 et 65° (Metz), à 70° (Mannheim), entre 85 et 130° pour les autres villes, et *en moyenne*, entre 90 et 100° centigrades. A Mannheim, il est prescrit de n'employer le goudron que dans l'état même où il sort de l'usine à gaz, les essais avec du goudron épuré n'ayant pas donné satisfaction.

Cologne exige que le goudron soit exempt d'eau, provienne le plus possible de fours verticaux ou de la fabrication du gaz à l'eau, soit fluide et d'une densité faible ; il doit n'être pas distillé et avoir conservé ses huiles volatiles. Le goudron exempt d'eau de l'usine à gaz de Wiesbaden contient 19 p. 100 d'huiles et 78 p. 100 de brai.

IV. — *Durée du goudronnage.* — La durée du premier goudronnage varie beaucoup suivant l'intensité de la circulation ; elle est, dans la plupart des villes, de douze mois ; à Mannheim, Metz et d'autres villes à circulation lourde, de un mois et demi à cinq mois, dans les villes à circulation légère, de un à deux ans ; à Pforzheim, de cinq à huit mois ; à Stuttgart, de six à huit mois ; à Carlsruhe, de sept mois. Stettin n'a renouvelé l'opération qu'au bout de quatre ans. Dans les rues à fortes déclivités, la couche de goudron ne tient que jusqu'à la gelée ; puis, elle est alors arrachée par les fers des chevaux et le patinement des roues freinées, surtout si le revêtement est dur et qu'il y pénètre peu de goudron (Chemnitz).

En général, on ne renouvelle pas le goudronnage dans l'année même ; presque partout, on le fait l'année suivante.

Les routes qui doivent être goudronnées plusieurs fois la première année ne conviennent pas pour le goudronnage (Fribourg en Bavière).

L'enduit de goudron s'use principalement par suite de la circulation des camions et moins par suite de la gelée : c'est du moins l'opinion de beaucoup de municipalités ; certaines attribuent l'usure autant à la gelée qu'à la circulation des poids lourds et considèrent que l'humidité du sous-sol accélère sa destruction (Fribourg).

L'usure augmente dans les rues où l'on bâtit (Pforzheim).

Lubeck et Aix-la-Chapelle font observer que la durée de l'enduit est moindre lorsqu'il fait un temps humide et que les routes sont à l'ombre.

Deux couches de goudron ne tiennent pas mieux qu'une seule, d'après Mayence. Par contre, une couche double (avec répandage de débris de pierre sur une épaisseur de 2 centimètres au deuxième passage du rouleau à vapeur) a tenu à Leipzig plus de deux ans sans retouche, avec une circulation moyenne.

Dans la plupart des villes, on ne renouvelle le goudronnage qu'une fois par an.

Dans trois villes, le goudronnage des *trottoirs* n'accusait aucune usure au bout d'une année ; la gelée n'a eu d'action sur lui que dans les endroits où l'on a employé du goudron distillé (Munich). A Wiesbaden, il n'y a eu besoin de réparer chaque année, dans les cours des écoles, que les places rondes dégradées par les enfants en jouant.

V. — *Nature de la pierre.* — On a employé du basalte, du granit, du porphyre, du métaphyre, du diabase, de la roche verte, de la granulite, du calcaire oolithique dense, du calcaire, du gabbro, de la phonolithe, de la grauwacke, du gneiss, du grès carboné de 4 à 6 centimètres de grosseur, ainsi que des éclats de ces mêmes roches, d'une grosseur de 2 à 5 centimètres. Kaiserslautern, Mayence et Metz n'emploient pas d'éclats de pierre, en principe, pour le goudronnage. A Mayence, on a reconnu qu'ils ne convenaient pas pour le goudronnage, parce qu'ils occasionnent des déformations de la couche de goudron. A Essen, on fait un répandage de gros gravier pendant le cylindrage des revêtements de basalte.

Pour les trottoirs et les pistes cyclables, on se sert, à Brunswick, de tuilots concassés ; à Bochum, pour les trottoirs, on se sert de laitier sur lequel on cylindre de la cendre rouge.

VI. — *Genre de machines employées, prix ou coût de location.* — La plupart des villes ont effectué le goudronnage à la main, au début. Douze en sont restées à ce stade ; deux ont des machines à bras d'un système spécial (Kaiserslautern et Mayence : dans cette dernière ville, ce sont de simples chaudières à bitume de taille moyenne, munies d'une rampe, comme les voitures d'arrosage) ; 10 villes possèdent des voitures d'arrosage à bras, venant de la maison G. Breining, de Bonn, et coûtant 520 m. (670 fr.), 540 et 750 m. (1 000 fr.) ; Fribourg a six arroseuses à bras, qui peuvent être chauffées, de Durey-Sohy, de Paris, coûtant 450 m. (562 fr. 50) ; 5 villes ont des arroseuses de Reifrath (Niederlahnstein), coûtant 450 m. (562 fr. 50) ; 6 villes ont des arroseuses spéciales à traction de chevaux, de G. Breining (Bonn), coûtant 3 000 m. (3 750 fr.)) ; 2 villes ont adapté à une voiture ordinaire à goudron une rampe comme celle des tonneaux d'arrosage. Cinq villes ont loué des machines

à traction de chevaux appartenant principalement à l'usine de Westrumite (Société à responsabilité limitée Dresde-Berlin) qui emploie des machines Lassailly, des machines de la Société générale de goudronnage des routes de Paris, et aussi des machines des maisons G. Breining, de Bonn, et A. Stephan, de Scharley. Cologne s'est servi, pour le répandage de l'Apokonia, des arroseuses à pression de la maison Weber.

Le prix de location, avec fourniture du goudron et du combustible, varie entre 11 et 19 pfennig (14 et 24 centimes) par mètre carré goudronné, et s'élève en moyenne à 14 ou 15 pfennig (17 cent. 5 et 18 cent. 5) ; sans fourniture de goudron, le louage coûte de 8 à 12 pfennig (10 à 15 centimes) et en moyenne 10 à 11 pfennig (12 cent. 5 à 13 cent. 7) par mètre carré.

La plupart des villes préfèrent le goudronnage à la machine, plus rapide et plus régulier que celui fait à la main. Toutefois, certaines villes déclarent qu'on ne constate pas de différence entre le travail fait à la main et le travail fait à la machine.

A Dresde, on avait d'abord répandu des produits froids (huiles de goudron, apokonia) avec une lance à main ; mais on n'a pas tardé à interrompre les essais, parce que les frais étaient plus élevés et l'efficacité moindre qu'avec le goudronnage à chaud.

VII. — *Rendement quotidien de la main-d'œuvre et de la machine.* — Les données relatives aux équipes sont très variables : elles se composent de 4 à 18 hommes ; il en est de même du rendement de leur travail, qui varie entre 300 et 600 mètres carrés par journée de dix heures. En moyenne, on peut compter 90 mètres carrés goudronnés par homme et par jour avec une équipe de 5 hommes, et en goudronnant la route par moitié. Si on en interdit l'accès, la moyenne s'élève à 120 mètres carrés. Le salaire moyen est de 4 m. (5 fr.) par ouvrier et par jour, de sorte que le prix de revient moyen de la main-d'œuvre par mètre carré est de 0,044 m. (0 fr. 055).

Les données relatives à l'importance des équipes pour le travail effectué à la machine sont également très diverses : en moyenne, indépendamment des cantonniers qui nettoient la route, il faut compter *deux ou trois hommes pour une machine goudronneuse à bras*, couvrant 750 mètres carrés par journée de travail, ce qui revient à *250 mètres carrés par homme et par jour*. Le rendement est donc plus fort dans le goudronnage

avec la machine à bras que dans le goudronnage à la main pur et simple.

La différence augmente notablement avec les *machines goudronneuses à traction de chevaux* : le rendement moyen, par jour, d'un ouvrier occupé à cette besogne (conducteur et chauffeur compris) s'élève à 1 000 mètres carrés. Ici également, les données relatives à l'importance de l'équipe affectée à une machine à chevaux, sont très différentes : elles se composent d'un effectif variant entre 5 hommes (y compris le conducteur et le chauffeur) et 13 hommes ; la plupart du temps, il y a 5 à 6 hommes. Le *rendement quotidien* atteint 3 000 et 6 500 mètres carrés par journée de dix à quatorze heures, et en moyenne 500 mètres carrés par heure.

Il y a divergence d'opinion sur le point de savoir s'il convient ou non de cylindrer les parties goudronnées et recouvertes de sable. Plusieurs villes préconisent le passage du cylindre à vapeur après le sablage ; la majorité ne le considèrent pas comme nécessaire.

VIII. — *Prix de revient du mètre carré.* — Le prix de revient, par mètre carré, de la première couche varie, pour les *chaussées*, entre 8 et 30 pfennig (10 et 37 centimes), quand le travail est fait à la main, avec une moyenne de 19 pfennig (24 centimes), et entre 10 et 20 pfennig (12 cent. 5 et 25 centimes), quand le travail est fait à la machine, avec une moyenne de 15 pfennig (19 centimes) ; pour les *trottoirs*, le prix de revient par mètre carré varie entre 8 et 26 pfennig (10 centimes et 32 cent. 5).

Les données sont également très différentes pour la consommation du goudron et le prix du goudron dans chaque ville. La consommation de goudron pour 1 mètre carré de chaussée oscille entre 1 k. 44 (Breslau) et 2 k. 62 (Wurzbourg) ; le prix du kilogramme de goudron oscille entre 2 pf. 4, soit 2 c. 55 (Fribourg) et 6 pfennig, soit 7 c. 50 (Darmstadt, Gera). En moyenne, *la consommation de goudron par mètre carré de chaussée* est de 1 k. 86 et le prix de revient de 6 pfennig (7 c. 50). Les indications qui nous sont parvenues ne nous permettent pas d'en dire davantage.

Pour les frais du second goudronnage, une ville les donne comme égalant ceux du premier, et une autre comme n'en représentant que la moitié ; plusieurs villes indiquent que la seconde couche coûte 2 à 4 pfennig (2 cent. 5 à 5 centimes) de plus que

la première par mètre carré ; d'autres villes donnent un prix de revient variant entre 9 et 19 pfennig (11 cent. 25 et 23 cent. 75) avec une moyenne de 14 pfennig (17 cent. 50) par mètre carré. Quant au prix du sablage par mètre carré, il varie entre 0 pf. 5 et 1 pf. 85 (0 cent. 6 et 2 cent. 31) par mètre carré.

Leipzig a effectué un *goudronnage double* d'une épaisseur de 20 millimètres, avec répandage d'éclats de pierre et cylindrage au rouleau de 22 tonnes. Le mètre carré revient à 1 m. 26 (1 fr. 57) ; il n'y a pas eu de réparations à faire depuis deux ans. Ce mode d'aménagement forme transition avec le macadam goudronné.

IX. — *Economie par rapport aux modes d'entretien et d'arrosage pratiqués jusqu'à présent.* — La plupart des villes font savoir qu'elles réalisent des économies d'entretien, d'arrosage et de balayage, mais qu'elles ne peuvent en préciser le montant en raison du peu de temps qui s'est écoulé depuis le goudronnage. Trois municipalités (Breslau, Metz, Wurzbourg) évaluent les économies d'arrosage à 3 pfennig (3 cent. 75) par mètre carré et par an ; trois autres évaluent l'économie totale réalisée du fait qu'il y a peu à nettoyer grâce à la disparition presque complète de la boue, à 4 ou 6 pfennig (5 centimes à 7 cent. 5) ; Fribourg fait observer que les frais d'entretien sont moindres parce que la route goudronnée se déforme moins à 0° ou à une température voisine, mais que l'agréable fraîcheur répandue par l'arrosage disparaît avec sa suppression. Stettin et Gelsenkirchen voient une économie dans le prolongement de la durée des revêtements. Munster ne trouve pas qu'il y a économie. Francfort-sur-Mein et Gera comptent sur une économie annuelle par mètre carré de 0 m. 25 à 0 m. 30 (0 fr. 31 à 0 fr. 38); Hagen sur une économie de 0 m. 15 (0 fr. 19) et Flensbourg sur une économie de 0 m. 45 (0 fr. 55).

II. — *Résumé des expériences de goudronnage interne (macadam goudronné) faites par 11 villes allemandes :*

Bielefeld, Brunswick, Chemnitz, Dantzig, Dresde, Essen, Hambourg, Kaiserslautern, Mannheim, Munich et Nuremberg.

Goudronnage interne. Macadam goudronné. Macadam au brai de goudron. — Sur la route dépouillée de son ancien revê-

tement ou sur la fondation nouvelle, on met une couche, à laquelle on donne une épaisseur variant entre 8 et 14 centimètres, suivant les exigences de la circulation, de pierres concassées ou d'éclats revêtus d'une pellicule de goudron aussi mince que possible et à demi-sèche.

Observation préalable. — Les essais ont été entrepris dans 11 villes ; dans l'une d'entre elles, ils n'ont commencé qu'en juillet 1909 ; dans 2 villes (Mannheim et Hambourg), on a appliqué une sorte de béton formé d'un mélange de pierraille sèche et de goudron chaud, qui a mal réussi ; à Brunswick, on a bien réussi en faisant, dès 1889 et 1894, une application superficielle abondante d'un mélange de brai de goudron de houille et d'huile de créosote sur un empierrement récemment cylindré de 7 centimètres d'épaisseur, sans avoir à renouveler le macadam au brai de goudron après cinq et huit ans d'usure ; enfin, dans une autre ville, les essais n'ont été faits que sur de trop petites sections pour qu'on puisse en tirer des arguments concluants. Il ne reste donc, comme ayant fait des essais assez longs, que 8 municipalités, celles de Chemnitz, Kaiserslautern, Munich, Dresde, Dantzig, Essen, Bielefeld et Hambourg, entre lesquelles on ne peut faire de comparaisons que sous toutes réserves, puisque Munich a établi un macadam goudronné pour une *piste cavalière* de peu d'étendue (400 mètres carrés), tandis que les autres villes l'ont fait pour des *chaussées*, surtout Kaiserslautern, qui a opéré sur la plus grande surface (13 500 mètres carrés). Cette ville use d'ailleurs d'un procédé original, qui n'est appliqué que dans cette localité et qui a donné d'excellents résultats : on en trouvera les détails dans le rapport de M. Bindewald, Stadtbaurat de Kaiserslautern, inséré au numéro 4, p. 55 et suiv. du *Tcchnisches Gemeindeblatt*. Dresde aussi a un mode d'exécution original décrit plus loin : macadam goudronné sur fondation de béton. Mais, comme notre désir est de présenter un aperçu synoptique des essais intéressants, il convient de grouper ceux qui présentent quelque analogie.

1. *Substance employée pour le goudronnage.* — Munich a employé à chaud du goudron distillé de la maison Malchow ; Chemnitz, à chaud également, du goudron distillé de l'usine à gaz municipale, additionné de mastic d'asphalte dans la proportion de 20 p. 100. Dresde a employé du goudron distillé

chaud de l'usine à gaz, mélangé à du mastic d'asphalte chaud. Kaiserslautern et Essen ont mélangé du goudron distillé froid tel qu'il sort de l'usine à gaz, avec de la pierraille chauffée et répandu, sur le revêtement achevé, du goudron chaud venant des usines à gaz ; Bielefeld, de goudron de houille chaud, précipité à haute température ; Hambourg, de goudron de houille chaud, non épuré.

2. *Mode d'exécution.* — A Munich, pour la piste cavalière, on a mis une couche de 8 centimètres d'épaisseur de macadam goudronné dans un encaissement de 2 m. 50 de largeur, avec sous-sol cylindré, dans un encadrement de pavés de granit ; le travail a été effectué en août, par un temps sec. Une fois le revêtement terminé, on l'a recouvert d'une mince couche de goudron provenant de l'usine à gaz municipale et l'on a répandu du sable de basalte, une fois pour toutes. On a livré la piste à la circulation huit jours après l'achèvement des travaux ; il ne s'est élevé aucune réclamation.

A Chemnitz, à la fin d'août et au milieu de septembre, on a revêtu une *chaussée* d'une couche de macadam goudronné d'une épaisseur de 17 centimètres : on a d'abord enlevé l'ancienne pierraille et conservé la fondation solide ; puis on a mis de la pierraille chauffée dans des bacs à fond percé de trous, qu'on a plongés dans du goudron chaud (70 à 80° centigrades) ; on a transporté les matériaux ainsi goudronnés à pied-d'œuvre et on les y a cylindrés à sec jusqu'à ce qu'on ait obtenu un revêtement mou et élastique. On a recouvert de débris secs de pierraille et passé le rouleau à sec ; puis on a attendu quatre jours sans livrer la route à la circulation ; on a procédé alors à un goudronnage superficiel avec recouvrage de débris. Au bout d'une journée, on a rendu la route à la circulation.

A Kaiserslautern, sur une route usée, on a constitué un *revêtement neuf* avec une couche de macadam goudronné de 12 centimètres d'épaisseur, par un temps chaud : sur la fondation préexistante, on a répandu une couche de pierraille de 7 centimètres de grosseur, qu'on a cylindrée pour réduire l'épaisseur à 7 centimètres, en employant du sable mouillé, auquel on a ajouté, pour le cas de circulation lourde, du béton armé (mélange de 1 partie de ciment de Portland, 2 parties de sable bien nettoyé et quatre parties de limaille de fer), le tout cylindré avec un rouleau à vapeur léger (10 tonnes). Sur ce premier lit,

on répand une couche de pierraille *goudronnée* de 5 centimètres d'épaisseur et on cylindre en ajoutant des débris *goudronnés*. Puis on procède à un goudronnage superficiel. On prépare la pierraille goudronnée de la manière suivante : on chauffe la pierraille dans un four simple presque jusqu'au rouge, puis on la précipite dans un bac en fer placé devant le four et rempli de goudron *froid*. Au bout de quelques secondes, on retire la pierraille du bac avec des fourches à pierre et on l'utilise. On livre le macadam goudronné à la circulation deux ou trois jours après son achèvement. Pour les rechargements effectués de la même manière, en renforçant la couche, qu'on veuille bien se reporter au rapport précité inséré dans le *Technisches Gemeindeblatt.*

A Hambourg, on a enlevé de l'ancienne chaussée la couche de pierraille de 12 centimètres ; on a dépouillé la pierraille ainsi obtenue de la poussière et de la boue et, après l'avoir fait complètement sécher, on l'a étalée sur des aires en bois, ajouté du goudron bouillant et remué à la pelle, jusqu'à ce que la pierraille se trouvât uniformément enrobée de goudron. On a répandu cette pierraille encore humide sur la route et on a cylindré. On a recouvert le revêtement de goudron chaud, répandu du sable brûlant et cylindré à nouveau.

A Dantzig, on a d'abord mis sur la fondation de 15 centimètres d'épaisseur, une couche épaisse de 10 centimètres de forte pierraille et cylindré le tout au rouleau à vapeur. Par-dessus on a répandu de la pierraille fine complètement enrobée de goudron sur une épaisseur de 8 millimètres, recouvert d'une mince couche de débris et cylindré le tout.

A Nuremberg, on a arrosé de goudron chaud la pierraille chauffée au soleil sur une aire de gâchage ; on a répandu la pierraille sur la fondation et passé le rouleau à main. La couche inférieure, en pierraille de 50 à 60 millimètres, avait une épaisseur de 8 à 9 centimètres ; la couche supérieure, en pierraille de 20 à 30 millimètres, avait une épaisseur de 5 à 6 centimètres. Sur cette pierraille, on étendit alors une couche de 2 à 3 centimètres d'épaisseur de débris goudronnés ; sur le tout, on fit passer le rouleau à chevaux, puis on fit un goudronnage superficiel. Dans un second essai, après avoir disposé la pierraille, on répandit dessus du goudron chaud, on recouvrit de débris et on cylindra, en faisant deux couches de 6 à 7 centimètres

chacune. On a répandu par-dessus une mince couche de sable, qu'on a renouvelée quand le besoin s'en est fait sentir.

A Dresde, on a opéré en 1909 sur une surface de 2 500 mètres carrés, en superposant de la pierraille ordinaire de 50 millimètres sur une épaisseur de 10 centimètres, de la pierraille fine de 30 millimètres sur une épaisseur de 3 centimètres et de la poussière de pierre de 5 millimètres sur une épaisseur de 1 centimètre. Chaque couche a été cylindrée séparément ; les matériaux ont passé préalablement dans un mélange de goudron chauffé à 80 ou 90° centigrades et de mastic d'asphalte chaud. Après l'achèvement, on a recouvert d'une mince couche de sable. En outre, on a procédé comme suit, à Dresde, en 1908, sur une superficie de 750 mètres carrés : on a répandu sur une fondation de béton d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, une couche de mortier de ciment de 2 centimètres et fait entrer dans cette dernière, en pilonnant, une épaisseur de pierraille ordinaire goudronnée, de façon que les pierres se trouvent à demi noyées dans le mortier. Quand le mortier a été complètement durci, on l'a recouvert d'un mélange de goudron et de gravier fin, puis on a répandu une couche de 1 cent. 5 de pierraille goudronnée, et enfin une couche de 1 centimètre de débris de pierres goudronnés. On a mis le revêtement au profil, damé et passé le rouleau à vapeur de 15 tonnes. Au bout de quelques jours, on a fait un léger enduit de goudron chaud, recouvert de débris non goudronnés et livré à la circulation. On avait goudronné la pierraille après l'avoir parfaitement séchée et chauffée sur des fours à asphalte. Pour le goudronnage des débris, on avait ajouté de la chaux. Pour 1 mètre carré, on a employé : 40 litres de pierraille ordinaire et 1 l. 4 de goudron ; 5 l. 5 de gravier et 0 l. 9 de goudron ; 15 litres de pierraille fine et 0 l. 6 de goudron ; 10 litres de débris de pierres et 1 l. 5 de goudron ; 1 litre de chaux. On a fait les mélanges à la température la plus haute possible, en évitant la production de fumées jaunes. Par les temps humides, on a étendu des tentes pour mettre le chantier à l'abri.

Les travaux ont tous été effectués dans les mois de mai à juillet. Les routes ont été livrées la plupart du temps à la circulation *aussitôt* après leur achèvement, à Dresde et Nuremberg quelques jours plus tard. Il n'y a pas eu de réclamations.

3. *Qualités exigées pour le goudron.* — Aucune.

4. *Durée du macadam goudronné.* — A Munich, on n'a constaté au bout de onze mois aucune usure ni dégradation par la gelée de la *piste cavalière ;* il en est de même de la *chaussée* construite à Chemnitz. A Dresde, le macadam goudronné sur fondation de béton est en très bon état après dix mois écoulés. A Kaiserslautern, les chaussées constituées d'après le système de M. Bindewald Stadtbaurat, ne portent encore aucune trace d'usure, des goudronnages superficiels ayant été effectués quand le besoin s'en faisait sentir : plus la circulation était intense, plus les goudronnages superficiels étaient fréquents. On n'a pas constaté que la gelée ait eu des effets fâcheux sur les routes goudronnées bien entretenues dans un certain nombre de villes ; d'autres en ont relevé, au contraire. Le reste se déclare satisfait des effets du goudronnage interne. A Hambourg, le revêtement ne s'est jamais raffermi.

5. *Genre de pierraille.* — Munich a employé de la pierraille de basalte de 40 à 50 millimètres et des débris de basalte de 15 à 30 millimètres de grosseur, pour sa piste cavalière en macadam goudronné ; Chemnitz, pour sa chaussée en macadam goudronné, de la pierraille de granulite de 40 à 60 millimètres et des débris de granulite de 10 à 30 millimètres de grosseur ; Kaiserslautern, pour ses chaussées en macadam goudronné, de la pierraille allant jusqu'à 7 centimètres pour la couche inférieure, de la pierraille allant jusqu'à 5 centimètres pour le revêtement et des éclats allant jusqu'à 16 millimètres de grosseur pour aider au cylindrage.

Dresde a obtenu également de bons résultats avec de la pierraille de basalte et de roche verte (pierraille ordinaire de 50 millimètres, pierraille fine de 30 millimètres, sable de basalte de 5 millimètres de grosseur de grain) ; Dantzig, avec de la pierraille de granit et des éclats de granit mêlés à du gravier de la grosseur d'un pois ; Essen, avec de la pierraille de basalte de 40 à 50 millimètres de grosseur et du jard ; Bielefeld, avec de la pierraille de basalte de 40 à 60 millimètres de grosseur et des éclats de basalte de 10 à 20 millimètres de grosseur ; Hambourg, avec de la pierraille de granit de 40 à 60 millimètres et des éclats de granit ; Nuremberg, avec de la pierraille de calcaire du Jura de 50 à 60 millimètres de grosseur pour la couche inférieure et de 20 à 30 millimètres pour la couche supérieure,

et des débris de calcaire du Jura de 5 à 10 millimètres de grosseur.

6. *Genre de machines employées.* — Le travail a été exécuté à la main. A Dresde, on a employé, à titre d'essai, une mélangeuse de béton pour le mélange des matériaux et à Nuremberg, pour partie, une voiture à goudronner de la maison Breining (Bonn).

7. *Rendement quotidien du travail.* — A Munich, pour l'établissement de la piste cavalière, 12 ouvriers, dont 2 pour le rouleau à vapeur de 19 tonnes, ont fait 130 mètres carrés de travail par jour ; à Chemnitz, pour l'établissement du revêtement d'une chaussée, 15 ouvriers, non compris le conducteur du rouleau à vapeur, ont fait 145 mètres carrés par jour.

A Dantzig . .	9	ouvriers sans conducteur	ont fait	en 10 heures	50 mq
A Bielefeld .	20	—	—	—	300 mq
A Hambourg.	10	—	—	—	14 mq
A Dresde . .	30	—	—	—	300 mq

8. *Prix de revient du mètre carré.* — Le prix de revient varie beaucoup avec le prix de la pierraille et l'épaisseur du revêtement. A Munich, pour l'établissement de la piste cavalière, le mètre carré de macadam goudronné de 8 centimètres d'épaisseur est revenu à 3 m. 94 (4 fr. 92), dont 0 m. 57 (0 fr. 72) pour le cylindrage, 1 m. 01 (1 fr. 26) pour le salaire des ouvriers, 0 m. 79 (0 fr. 99) pour le goudron (10 k. 1), 1 m. 14 (1 fr. 43) pour la pierraille et les débris, 0 m. 20 (0 fr. 25) pour le combustible et 0 m. 20 (0 fr. 25) pour les charrois.

A Chemnitz, le mètre carré de macadam goudronné de l'épaisseur exceptionnelle de 17 centimètres, est revenu à 5 m. 60 (7 francs), dont 0 m. 30 (0 fr. 38) pour le cylindrage, 2 m. 20 (2 fr. 75) pour le salaire des ouvriers, 0 m. 50 (0 fr. 63) pour le goudron (15 k. 1), 2 m. 60 (3 fr. 25) pour la pierraille et les débris.

A Kaiserslautern, le mètre carré de macadam goudronné de 12 centimètres d'épaisseur sur fondation préexistante, est revenu à 1 m. 75 (2 fr. 19), dont la consommation économique de goudron et les salaires très faibles des ouvriers constituent la plus grosse part.

La consommation de goudron par mètre carré a été :

A Dantzig, de 20 kg.,	revenant à	0 m. 50	(0 fr. 62)
A Bielefeld, de 9 kg.,	—	0 m. 20	(0 fr. 25)
A Hambourg, de 31 kg.,	—	0 m. 62	(0 fr. 78)

A Dantzig, le mètre carré de macadam, y compris le macadam goudronné, a coûté 7 m. 50 (8 fr. 40). A Essen, le mètre carré de macadam goudronné, non compris le travail du sous-sol, a coûté 4 mark (5 francs), dont 0 m. 25 (0 fr. 31) pour le cylindrage, 0 m. 70 (0 fr. 88) pour le salaire des ouvriers, soit 0 m. 60 (0 fr. 75) de plus que pour un empierrement.

On compte à Hambourg 8 m. 79 (10 fr. 99) par mètre carré ; à Dresde, 4 mark (5 francs) par mètre carré, sans le pilonnage du sous-sol, à savoir : 0 m. 45 (0 fr. 56) pour le cylindrage, 1 mark (1 fr. 25) pour le salaire des ouvriers, 0 m. 65 (0 fr. 81) pour le goudron (10 kilogrammes, mélangés à 3 kilogrammes de mastic d'asphalte), 1 m. 90 (2 fr. 38) pour le basalte et le sable, alors que le revêtement en macadam goudronné sur fondation de béton, y compris cette dernière, revient à environ 6 m. 80 (8 fr. 50) le mètre carré.

9. *Economie par rapport à l'entretien exigé jusqu'à présent.* — Les frais d'entretien diminuent considérablement, puisqu'il n'y a plus qu'un goudronnage superficiel à effectuer quand le revêtement s'use. A Kaiserslautern, on évalue l'économie réalisée annuellement, par mètre carré, à 8 pf. (0 fr. 10) au moins. Les autres villes n'ont pas fourni d'indications sur ce point.

III. — *Résumé des expériences d'arrosage faites avec des produits fixant la poussière sur les routes* (Westrumite, lessive de chlorure de magnésium avec ou sans glycérine, sprengelithe antipoussiérite, chlorure de calcium, rustomite, epphygrite), dans 32 villes allemandes : Aix-la-Chapelle, Augsbourg, Berlin, Berlin-Wilmersdorf, Brandebourg, Brunswick, Brême, Charlottenbourg, Chemnitz, Cologne, Dantzig, Darmstadt, Dresde, Dusseldorf, Erfurt, Flensbourg, Francfort-sur-le-Mein, Gelsenkirchen, Gera, Hambourg, Hanovre, Carlsruhe, Leipzig, Ludwigshafen-sur-le-Rhin, Metz, Mulhouse en Alsace, Munich, Oberhausen, Osnabruck, Plauen, Wiesbaden et Wurzbourg.

Observation préalable : On a fait de petits essais à Breslau

(en 1907, avec la duralite, la standutine, la rustomite, sans grand succès) ; à Kaiserslautern (en 1903, avec de l'huile et de l'eau, sans succès) ; à Nuremberg (en 1909) ; à Zwickau (en 1909, avec l'antipoussiérite) ; à Dresde (avec la standutine, l'antistoff et le chlorure de calcium).

1. *Fixateurs de poussière.* — On a employé la westrumite (des usines de westrumite de la Société à responsabilité limitée de Dresde-Berlin et des usines allemandes pour l'huilage de Berlin) dans 21 villes, la sprengelithe (dissolution de chlorure de magnésium avec mélange de glycérine des usines allemandes de sprengelithe, Robert Friedrich, Leipzig-Plagwitz) dans 7 villes, l'antipoussiérite (lessive de chlorure de magnésium des usines de potasse d'Aschersleběn par Werner Rosenberg, Leipzig-Lindenau) dans 9 villes, l'epphygrite (chlorure de magnésium avec des sucs végétaux) dans 4 villes, le chlorure de calcium dans 5 villes, la rustomite dans 4 villes, le préservateur de la poussière et de la gelée dans 3 villes, la gulophine dans 1 ville, la duralithe dans 3 villes, l'apokonia dans 2 villes, l'huile préparée par Stern et Sonneborn dans 1 ville.

2. *Mode d'application.* — Dans un grand nombre de cas, on a préalablement nettoyé à fond et arrosé à l'eau ; dans d'autres cas, on n'a fait qu'un nettoyage léger. Dans la plupart des villes, on n'arrose pas à l'eau avant d'appliquer la westrumite ; à Dresde, on l'a fait, au contraire. Les applications ont été faites de mai à octobre, tantôt par un temps sec, tantôt par un temps humide. On n'a recouvert de sable après le répandage qu'à Brandebourg. On a livré à la circulation les routes ainsi aménagées aussitôt après le répandage et parfois même pendant l'opération ; dans une ville, où l'on appliquait de la westrumite, au bout de deux à quatre heures. Il n'y a eu de réclamations que dans des cas isolés ; après une application de westrumite, on s'est plaint les premiers jours, dans certaines villes, de l'odeur de pétrole qui se dégageait, dans trois villes des taches faites aux vêtements et aux tapis ; enfin, dans une ville où l'on avait employé de la sprengelithe, on s'est plaint que les plantes des jardins en souffraient. Gelsenkirchen et Flensbourg ont interrompu les essais à cause des dépenses qu'ils entraînaient.

3. *Conditions exigées des fixateurs de poussière.* — La plu-

part des villes n'ont pas encore spécifié les conditions à exiger des fixateurs de poussière, en raison du peu d'expérience qu'elles en ont. Une municipalité a exigé pour la sprengelithe et l'antipoussiérite (dissolutions de chlorure de magnésium) une teneur de 30° Baumé. Du reste, il semble qu'on doive à l'avenir préférer ces lessives à la westrumite, sauf pour les rues à dallage d'asphalte ou à pavé de bois. On a employé la sprengelithe plus ou moins épaisse, et, en général, très épaisse pour la première application et délayée, pour les suivantes, avec une partie d'eau et, dans certaines villes, avec 2 ou 3 parties d'eau. On dilue encore davantage la westrumite, la plupart du temps avec 2 parties d'eau ; dans 2 villes, on met 10 parties de westrumite pour 90 d'eau, et on va jusqu'à 5 pour 95 ; dans une autre, après avoir fait une première application à la westrumite pure, on l'a ensuite diluée dans 9, 19 et 32 parties d'eau ; Hambourg, Berlin et Wiesbaden font des mélanges dans les proportions de 1 pour 99, 3 pour 97 et 5 pour 95. On dilue également l'epphygrite dans 9, 19 et 32 parties d'eau ; on emploie l'antipoussiérite pure, puis délayée dans 2 et 5 parties d'eau ; on dose la gulophine à 1/100, la rustomite à 1/3 et à 1/9, la duralite à 3,3/100.

4. *Durée de l'enduit.* — Une application, sur divers empierrements de sprengelithe ou d'antipoussiérite, a tenu, dans la plupart des cas, de 14 à 20 jours ; dans 2 villes, elle a persisté pendant 28 jours et sur les trottoirs en gravier de 14 à 26 jours ; la durée dépend de l'épaisseur du produit, du temps et de l'intensité de la circulation ; la *westrumite* a duré de 3 à 10 jours, dans 3 villes jusqu'à 14 jours, dans une ville de 2 à 3 semaines, et les applications ultérieures de 2 à 3 semaines, suivant le temps et l'intensité de la circulation ; le *chlorure de calcium* a duré jusqu'à 14 jours dans une ville ; par contre, dans 3 villes, la pluie l'a fait couler dans la nuit suivant le répandage ; l'*epphygrite* a duré, sur les chaussées, de 1 à 3 jours, suivant le temps (elle disparaît au soleil) ; la *rustomite* a chaque fois coulé pendant la pluie ; de même, des pluies survenant peu de temps après le répandage ont fait couler la westrumite et l'émulsion d'asphalte, alors que les dissolutions résistent mieux. Les produits disparaissent la plupart du temps par l'effet du soleil et du vent, de l'intensité de la circulation lourde et enfin de la pluie qui les fait couler.

On emploie les produits huileux en été, les dissolutions aussi bien en été que par les temps de gelée. C'est principalement l'hiver qu'on a fixé la poussière au moyen de dissolutions étendues d'eau. Il a été constaté que la dissolution de chlorure de magnésium ne souffre pas de certaines températures, alors qu'une émulsion composée de 1 partie de dissolution et 1 partie d'eau gèle à 16° centigrades, et qu'une émulsion composée de 1 partie de dissolution et de 3 parties d'eau gèle à 7° centigrades. Mais comme les mélanges de 1 partie de dissolution pour 2 parties d'eau contiennent trop de dissolution et que les balais employés pour le nettoyage s'attachent au sol, comme, d'autre part, il faut observer ces proportions pour les applications pendant la période des gelées, la ville de Berlin a fait arroser par endroits seulement, en échiquier, et elle a pu obtenir par ce moyen un balayage sans poussière par 12° de froid, à l'aide des balayeuses. Ce résultat, qui s'est affirmé également à Hambourg, est de la plus haute importance pour les grandes villes où la poussière qui se soulève en masse par l'effet d'une circulation intense, surtout quand il gèle, est devenue un fléau insupportable, d'autant qu'il est presque impossible de nettoyer les rues pendant que les voitures y passent. L'arrosage à la dissolution doit surtout être fait sur les dallages d'asphalte et les pavages de pierre ou de bois.

5. *Eléments constitutifs et ancienneté du revêtement.* — La plupart du temps, on a arrosé avec ces produits des revêtements *datant de deux ou trois ans* et formés de basalte, parfois aussi de porphyre, de granulithe, de mélaphyre, de gabbro, de granit et de grauwacke ; dans 3 villes, on a également arrosé des *revêtements neufs*. Ceux-ci exigent une quantité double ou triple de produit avant que la poussière soit bien fixée. Ces produits raffermissent les chaussées, surtout si le revêtement est neuf (Leipzig).

6. *Genre, prix et rendement des arroseuses.* — Dans toutes les villes, l'arrosage avec ces produits se fait au moyen des tonneaux ordinaires d'arrosage à l'eau. Dans une seule ville, on s'est servi d'arrosoirs à main ; dans une seule autre, de la lance à pression de Weber. Les dissolutions de chlorure de magnésium (sprengelithe, antipoussiérite) arrivent en gare dans des wagons-citernes ; on les transvase directement dans les tonneaux d'arrosage à l'aide de pompes portatives. La westru-

mite arrive en tonneaux ou en bidons et on en remplit directement les tonneaux d'arrosage. Le chlorure de calcium arrive en blocs solides dans des tonnes ; on le concasse, on le dissout dans l'eau et on en remplit les voitures d'arrosage.

7. *Superficie recouverte par les tonneaux d'arrosage dans une journée.* — La superficie de chaussées macadamisées recouverte de ces produits en une journée est, en général, la même que pour l'arrosage à l'eau. La moyenne la plus élevée est fournie par la sprengelithe et l'antipoussiérite, employées pures le plus souvent ; elle dépend presque exclusivement de la plus ou moins grande distance qui sépare la gare de la chaussée à arroser.

La moyenne est moindre avec la westrumite et le chlorure de calcium, parce que la préparation de la solution nécessaire dans chaque cas demande du temps. En moyenne, on arrose 26 000 mètres carrés en dix heures avec les tonneaux d'arrosage.

8. *Prix de revient de l'arrosage par mètre carré de macadam.* — Le prix de revient de l'arrosage par mètre carré de chaussée varie considérablement, et en particulier pour la sprengelithe et l'antipoussiérite, expédiées en wagons-citernes, suivant que la localité est plus ou moins éloignée du lieu de production. Le second arrosage avec les divers produits ne coûte, en général, que la moitié ou le tiers du premier. Comme les indications fournies par chaque ville ne sont pas toujours complètes, nous devons nous borner ici au coût du premier arrosage pour avoir une base de comparaison. En y comprenant le salaire des ouvriers, la fourniture de l'eau, l'entretien de la voiture d'arrosage et son attelage, les frais d'arrosage par mètre carré de chaussée varient, avec l'*epphygrite* entre 0,32 et 0 pf. 79 (0,40 et 0 cent. 99) ; avec l'*antipoussiérite* et la *sprengelithe* entre 0,57 et 3 pf. 5 (0,71 et 4 cent. 37) ; avec la *rustomite* entre 0,63 et 1 pf. 04 (0,79 et 1 cent. 30) ; avec le *chlorure de calcium* en solution à 10 p. 100 entre 0,93 et 1 pf. 11 (1,16 et 1 cent. 39) ; avec la *westrumite* en solution à 5 p. 100, ils sont de 1 pf. 4 (1 cent. 7); en solution à 7 1/2 p. 100, de 2 pf. 2 (2 cent. 75) ; en solution à 10 p. 100 de 2 pf. 68 (3 cent. 35).

Pour avoir une meilleure base de comparaison, il faudrait pouvoir recueillir et mettre en regard les frais entraînés par

l'emploi de chaque produit pendant une période *assez longue*, par exemple du 1er mai au 30 septembre.

9. *Economie par rapport au genre d'arrosage pratiqué jusqu'à maintenant.* — Dans la plupart des villes, l'emploi de *fixateurs de poussière* correspond, non pas à une *économie*, mais à un *supplément de frais* de 1 pf. 5 à 3 pfennig (1 cent. 87 à 3 cent. 75) par mètre carré et par an. Mais il faut bien considérer qu'on paie par là le bénéfice de la suppression intégrale ou presque intégrale de la poussière. Dans trois villes, on y a trouvé une économie d'arrosage et de nettoyage de 0 pf. 0018 à 0 pf. 15 par mètre carré (0 cent. 00225 à 0 cent. 625). Berlin estime que l'arrosage à la westrumite et à la duralite procure une amélioration des revêtements et, par suite, une économie de 0 pf. 15 (0 cent. 19) par mètre carré et par an.

Les frais d'arrosage à l'eau varient entre 4 et 10 pfennig par mètre carré et par an, et pour un seul arrosage entre 0 pf. 02 et 0 pf. 03 (0 cent. 025 et 0 cent. 037), non compris l'eau consommée.

A la question de savoir si on réalise des économies par rapport au genre d'arrosage antérieur, on répondra différemment dans chaque localité et par chaque année, suivant que le temps aura surtout été humide et nuageux ou bien sec et ensoleillé, parce que, dans ce dernier cas, les fixateurs de la poussière gardent leur efficacité pendant moins longtemps (environ 2/3 de la durée normale) et suivant aussi qu'on aura procédé à des arrosages plus ou moins fréquents, quatre, trois, deux ou un seul par jour.

10. *Arrosage des rues pavées.* — De tous les produits, on n'a employé que la *westrumite*, l'*antipoussiérite*, la *duralite* et la *gulophine* pour l'arrosage des rues à dallage d'asphalte ou à pavé de bois comme pour celui des routes en macadam ; tous les autres n'ont été utilisés que sur des chaussées en macadam ou en gravier et presque exclusivement pendant la belle saison. L'epphygrite ne peut pas servir pendant les gelées. On dit que la westrumite, la sprengelithe et l'antipoussiérite auraient rendu le pavé de pierre glissant dans certaines villes, mais que les deux derniers produits conviendraient bien pour les petits pavés.

11. *Nombre de jours par an où l'on arrose à l'eau.* — Le nombre moyen de jours par an où l'on arrose à l'eau varie suivant les villes : l'une donne 250, l'autre 220, une troisième 170, la plupart de 120 à 150 ; trois villes donnent 110, deux 100, deux autres 80 à 90, deux encore 60 à 70, une 50. La plupart des villes font deux arrosages par jour, deux au moins pour les artères principales, un pour les rues de second ordre ; une des villes fait de un à trois arrosages par jour suivant les besoins ; une autre, quatre par jour ; une troisième en fait jusqu'à six. C'est de ce nombre des arrosages par jour que dépend, en premier lieu, la solution de la question de savoir si l'arrosage avec les fixateurs de la poussière procure ou non des économies ; elle dépend, en second lieu, de la durée de l'efficacité de ces remèdes.

SPERBER,
Oberingenieur Hambourg.

FRANZE,
Stadtrat Francfort-sur-Mein.

Für die Vereinigung der technischen
Oberbeamten deutscher Städte
I. A.
Stadtbaurat STEUÉRNAGEL,
Königl Baurat.

(Trad. BLAEVOET.)

65977. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

EMPLOI DE LIANTS DANS LA CONSTITUTION DES CHAUSSÉES EMPIERRÉES
EMPLOI DE BANDES DE ROULEMENT DANS LES CHAUSSÉES PAVÉES
PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

RAPPORT

PAR
THEODOR BRADACZEK
Baurat der K. K. Statthalterei
Prague

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

CONSTRUCTION & ENTRETIEN
des routes nationales
dans le royaume de BOHÊME

Le *royaume de Bohême* a une superficie de 51 948 kilomètres carrés et une population de 6 318 697 âmes, d'après le recensement de l'année 1900 ; il est enfermé dans un cercle de montagnes, dont la hauteur atteint 1 600 mètres au-dessus du niveau de la mer et l'intérieur constitue une région fertile dont le niveau s'abaisse par gradins jusqu'à 130 mètres au-dessus de la mer.

Dans les montagnes, règne une industrie florissante ; dans la plaine, on s'adonne à la culture intensive. Le sol est formé comme suit :

50 p. 100 de champs ;
30 p. 100 de bois et forêts ;
12 p. 100 de jardins et prairies ;
8 p. 100 de pâturages et terrains improductifs.

La superficie du pays représente 17 p. 100 et la population 24,2 p. 100 du chiffre total de la monarchie autrichienne (300 007 kilomètres carrés et 26 millions d'habitants).

Répartition des routes en Bohême.

Il y a en Bohême :

4.294 km. de routes nationales : 82 m. par kmq. . . .	au total : 31.238 km.
23 km. de routes provinciales : $0^{m},442$ par kmq. . .	
22.887 km. de routes d'arrondissement : 442 m. par kmq. .	
4.034 km. de voies communales : 77 m. par kmq. . . .	

Les *routes nationales*, qui correspondent à celles de France, sont entretenues sur les fonds de l'Etat.

Leur longueur n'a que peu changé dans les soixante dernières années et on n'a guère construit de routes nationales durant cette période. La longueur de routes nationales, dont l'entretien est à la charge de l'Etat, diminue au fur et à mesure que les sections comprises à l'intérieur des villes leur sont remises en tant qu'entretien, moyennant le paiement d'une subvention appelée « subvention pour traverses ».

Les *routes provinciales* sont administrées et entretenues par la Diète provinciale du royaume. Largeur de chaussée : 6^m,5 ; fondation en pavés de 4^m,5 à 5 mètres de largeur et 25 à 30 centimètres d'épaisseur ; revêtement empierré : 10 à 15 centimètres ; sable : 3 à 5 centimètres ; fossés de 50 centimètres de profondeur, avec plafond de 50 centimètres de largeur ; talutage simple, déclivités de 5 p. 100 en plaine et de 6 p. 100 en montagne. Leur longeur n'a pas augmenté non plus dans la période indiquée ci-dessus, car la Diète a surtout encouragé la construction des *routes d'arrondissement* aux points de vue technique et financier et continue de faire des efforts en ce sens.

Dans les soixante dernières années, la longueur des routes d'arrondissement de Bohême a passé de 4 000 à 22 886 kilomètres, soit un accroissement de 575 p. 100 et, sur les 60 507 kilomètres de routes d'arrondissement de l'Autriche, 22 887, soit 14 p. 100 sont afférents au royaume de Bohême.

Les routes d'arrondissement sont à la charge des Conseils d'arrondissement qui y pourvoient au moyen des contributions d'arrondissement.

Les *routes d'arrondissement* ont une largeur de 6 à 6^m,50, dont 4 à 5 mètres pour la chaussée et 2 mètres pour les accotements. La chaussée comporte une fondation de 20 à 25 centimètres, un revêtement empierré de 8 à 10 centimètres et un répandage de sable de 3 centimètres. Les fossés ont 40 centimètres de profondeur, 40 centimètres de largeur de plafond, avec talutage simple.

La déclivité ne doit pas dépasser 6 p. 100 en plaine et 8 p. 100 en pays accidenté.

Les routes nationales en Bohême.

Longueur. — A la fin de 1906, il y avait, en Bohême, 4 294 kilomètres de routes nationales, dont 4 273 entretenus directement ou indirectement par l'Etat

Ces routes nationales représentent 26 3/4 p. 100 des 16 000 kilomètres de routes nationales de l'Autriche, 8 m. 1/4 par 100 kilomètres carrés de superficie, 68 mètres par habitant. Les 4 273 kilomètres se divisaient, fin 1906, en :

102 kilomètres pavés ;

278 k. entretenus par la méthode des rechargements cylindrés ;

3 993 k. entretenus par la méthode du point à temps.

Répartition. — En 1906, les routes nationales de Bohême ont été réparties en trois catégories, suivant la quantité de pierraille qu'elles avaient demandée jusque-là.

Les routes qui ont exigé par kilomètre, avec la méthode du point à temps :

Plus de 50 mètres carrés, appartiennent à la 1re catégorie ;

Plus de 25 mètres carrés, appartiennent à la 2e catégorie ;

Plus de 12 mètres carrés, appartiennent à la 3e catégorie.

Sans les traitements fixes des cantonniers et sans les dépenses de transformation et d'entretien des divers accessoires de la voirie, par conséquent, rien que pour les matériaux de revêtement, la main-d'œuvre auxiliaire, les cylindrages et les subventions compensatrices pour traverses, les frais d'entretien par kilomètre ont été de :

1.044	couronnes	(1096 fr.)	pour les routes de la	1re	catégorie
398	—	(418 fr.)	—	2e	—
178	—	(187 fr.)	—	3e	—

Avec cette base, on obtient comme résultat de répartition des dépenses :

962	km. de routes de la	1re	catégorie. . . .	22,5 0/0
1.329	— —	2e	—	31,1 0/0
1.982	— —	3e	—	46,4 0/0
4.273 km.				100,0 0/0

Administration. — Les 4 273 kilomètres de routes nationales de Bohême sont répartis entre quatre inspections de 1 070 kilomètres en moyenne ; chacune des quatre inspections est sous la direction d'un Ingénieur en chef ou d'un Ingénieur du gouvernement de Prague, pour ce qui est de l'état des routes, de l'opportunité et de l'exécution réglementaire des travaux d'entretien et des propositions de constructions nouvelles (sauf les construc-

tions de ponts assez importants, qui ressortissent de la division des ponts).

La sous-direction est confiée, dans chacune des 284 circonscriptions de constrution » comprenant environ 150 kilomètres de routes, à 3 conducteurs en moyenne, ayant chacun 42 kilomètres à surveiller, soit 10 sections de cantonnier à 4 kilomètres ; au total, il y a 100 conducteurs.

Dépenses d'entretien.

D'après le budget de 1909, les prévisions sont les suivantes :

	Ensemble (couronnes)(1)	0/0
1. Subventions pour la construction des Ponts et Chaussées et surtout subventions compensatrices pour les traverses.	133.858	3,7
2. Maisons de garde, magasins et conservation de l'outillage de construction par les cantonniers, à raison de 20 cour.	62.000	1,8
3. Pierraille et sable.	1.762.710	48,5
4. Cylindrages et réparations de ponts.	500.000	13,7
5. Enlèvement de la neige	40.000	1,1
6. Traitement des conducteurs, cantonniers et journaliers auxiliaires	947.672	26,1
7. Rétributions et gratifications	12.000	0,3
8. Acquisition de l'outillage et des accessoires pour la construction, non compris les cylindres, etc.	30.000	0,8
9. Indemnités pour extraction de moellons, etc.	9.800	0,3
10. Dépenses diverses.	28.000	0,8
11. Frais de déplacement et de voyage	103.960	2,9
Total.	3.630.000	100,0

En outre, le budget prévoit encore 1 049 362 couronnes (1 101 830 francs) pour la construction de ponts, pour des pavages et pour des subventions d'Etat en vue de la construction de routes d'arrondissement, somme dont il n'est pas tenu compte dans la présente étude.

Le tableau III montre qu'environ *la moitié* des dépenses d'entretien est affectée à la pierraille et au sable (412 couronnes

(1) La couronne vaut 1 fr. 05.

(432 francs) par kilomètre), *le quart* à la rémunération des cantonniers et journaliers auxiliaires (222 couronnes (233 francs) par kilomètre), *un huitième* aux frais de cylindrage et de réparations de ponts (117 couronnes (123 francs) par kilomètre), et le reste, environ un huitième (98 couronnes par kilomètre), aux autres frais accessoires de l'entretien.

En moyenne, les dépenses totales par kilomètre de route nationale, *y compris* les traitements, réparations d'outils et autres frais, s'élèvent, en Bohême, à 850 couronnes (892 fr. 50).

La route actuelle.

a) Construction :

La *largeur de l'assiette* des routes nationales est, en règle générale :

De.	$9^m,48$
Dont, pour la chaussée	$6^m,32$
Et, pour les accotements de chaque côté . . .	$1^m,58$

La *fondation en pavés* a 32 centimètres d'épaisseur ; l'*empierrement*, 16 centimètres, et le *recouvrement de sable*, de 3 à 5 centimètres. Le *bombement* est de 1/50, la déclivité du profil *longitudinal* ne doit pas dépasser 5 p. 100 ; toutefois, on rencontre en pays accidenté des déclivités de 1/10. Les *rayons des courbes* sont, en général, de 50 mètres en pays plat et de 30 mètres en pays accidenté.

Les *fossés* ont 60 centimètres de plafond, 60 centimètres de profondeur avec talutage simple.

Les *talus des routes* de plus de 1 m. 50 de hauteur sont signalés par des bornes de protection peintes en blanc, de 30 centimètres de hauteur, faisant suite à environ 1 mètre au-dessus du niveau de la route ; pour les talus plus élevés, on plante entre les bornes distantes d'environ 3 à 4 mètres des gardes-fous en fer constitués par des cornières ∧ ou des fers de Zorès

 ou des rails de chemins de fer.

Appréciation critique.

Nos routes nationales, étant donné leur mode de construction, suffisent parfaitement aux exigences de la circulation moderne ; il y aurait lieu d'en construire où il n'y en a pas.

Il n'existe pas en Bohême, en pays accidenté, de rétrécissement des routes nationales, ne laissant libre qu'une largeur de 3 mètres, comme on le voit dans les montagnes françaises ; les tronçons les plus resserrés gardent encore 7 à 8 mètres de largeur.

La fondation des routes empierrées, à laquelle le Congrès attache la plus haute importance dans la construction, est également suffisante sur les routes nationales de Bohême, bien qu'il ne faille pas nier qu'on n'y ait pas partout tenu compte comme il faut de la nature du sous-sol.

Il y a, dans certaines régions industrielles, un sous-sol argileux où disparaît autant de pierraille qu'on en veut y mettre.

Nos routes ont aussi un autre défaut dans leur fondation, c'est qu'elles n'ont pas de drainage ; il en résulte qu'avec une fondation et des accotements imperméables, l'eau de pluie s'amasse et séjourne sur la chaussée comme dans un plateau, ce qui entretient une humidité constante dans le revêtement.

Quand cet effet se produit, il faut porter remède après coup par des saignées d'écoulement pratiquées dans les accotements tous les 5 mètres environ.

En ce qui concerne le revêtement, nos routes nationales se sont bien comportées, en général, pendant la période où on les a laissées sommeiller, par suite du développement des chemins de fer. Pendant ce temps, les routes ont connu la famine et elles n'ont reçu que juste assez de pierraille pour ne pas dépérir ; si elles n'avaient pas été bien entretenues avant l'apparition des chemins de fer, si la nature n'avait pas en même temps généreusement offert d'excellent basalte pour l'entretien là où la circulation était la plus intense, elles auraient eu bien du mal à sortir victorieusement de ce long jeûne.

La circulation automobile, avec ses passions fougueuses, les aurait anéanties sous ses effluves mortels, si elle n'avait en même temps, semé sur son passage même quelques ressources. Nous avons donc, en Bohême, à restituer à nos routes l'épaisseur

de pierraille nécessaire et le bombement normal qu'elles avaient presque complètement perdu.

Ce qui manquait presque entièrement à nos routes jusqu'à ces derniers temps, c'était le sable. En effet, dans tous les cas, les accotements durent été désherbés et, par suite du binage annuel, ils s'abaissèrent dans la mesure où diminuait la couche de pierraille ; or, leur surface ne présentait que la terre pure et simple qui s'amollissait à chaque pluie et causait les pires désagréments aux piétons et cyclistes qui y circulaient.

Dans beaucoup de régions, on se tire d'affaire en séparant la chaussée des accotements par des pieux, des fûts de pierre et aussi par des poteaux télégraphiques pour empêcher les cyclistes de circuler sur les bas-côtés, système qui m'a semblé bien aventureux pour la sécurité de la circulation.

Depuis qu'en Bohême, l'un des accotements a été consolidé par du gravier ou des éclats de basalte et particulièrement aménagé pour servir aux piétons et aux cyclistes, tandis que l'autre est affecté au dépôt des matériaux et demande, par suite, moins de soins, les inconvénients de la circulation sur les accotements ont disparu ; il n'y a plus, sur la chaussée, de boue d'apport venant de l'accotement, de sorte que la chaussée s'est également améliorée.

Plantations d'arbres.

Conformément à la loi du 2 décembre 1884, toutes les routes de Bohême doivent être bordées d'arbres à haute tige.

Depuis peu, ces arbres ont été plantés sur les bords extérieurs des accotements, aux frais des communes qui en retirent aussi le bénéfice ; mais il y en a également encore beaucoup de rangées plantées par les propriétaires riverains sur les bords extérieurs des fossés de la route.

Dans les pays à fruits, on trouve aussi latéralement à la route des rangées doubles d'arbres, les unes sur l'accotement et les autres sur le rebord extérieur des fossés. La récolte de fruits avant la cueillette est vendue, la plupart du temps, par les communes ou les propriétaires fonciers, puis surveillée et enlevée par les derniers enchérisseurs.

Qu'il me soit permis de m'étendre ici quelque peu sur la conclusion, posée par le 1er Congrès, qu'il est à recommander de

faire des plantations d'arbres le long des routes pour diminuer la poussière, grâce à l'humidité ainsi entretenue sur la route.

Le propriétaire foncier n'aime pas du tout à avoir des arbres sauvages au bord de son champ ; le plus sage est donc de les planter sur l'accotement, mais alors il y a deux points à considérer :

1° Ne pas dépouiller les arbres de leur plus belle parure qui est au faîte, par égard pour les fils téléphoniques et télégraphiques ; par suite, mettre lès *poteaux supportant les lignes à faible intensité sur le rebord extérieur des fossés de la route ;*

2° N'occasionner aucune gêne, du fait des arbres, à la circulation, surtout à celle des automobiles, ce qui exige *que les arbres aient le tronc le plus haut possible et soient éloignés de façon que les branches poussent le plus possible non pas sur les côtés, mais vers le haut.*

Ce n'est qu'à ces conditions qu'on évitera les contestations ; aussi faut-il apporter à ces deux points une attention toute particulière.

Par expérience, je conseillerai comme arbre avantageux pour cet usage, l'érable qui pousse presque partout, donne de l'ombre, croît assez rapidement, s'élève très haut et fournit un bois utilisable.

Parmi les arbres fruitiers, il conviendrait de planter les pommiers et les pruniers bas, non pas sur les accotements, mais au delà du fossé de la route ; au contraire, les *espèces d'hiver* à haute tige, des poiriers et des griottiers sont bien à leur place sur l'accotement.

C'est une idée assez répandue qu'on ne plante pas d'arbres fruitiers sur les voies publiques avec le ferme espoir d'en tirer profit. D'après les expériences que j'ai faites comme Ingénieur d'arrondissement, cette opinion ne s'appuie que sur des considérations de commodité, car la récolte est sûre partout où l'on entreprend une plantation non pas isolée, mais générale, avec des intentions fermes et en connaissance de cause.

L'expérience m'a appris qu'il y a tout profit à faire un cours d'arboriculture aux cantonniers. Pourvu qu'il y en ait quelques-uns dans une circonscription qui possèdent à fond la culture des arbres fruitiers, ils peuvent transmettre leurs connaissances à leurs voisins par la pratique et, en peu d'années, on a toute une génération de cantonniers bien dressés.

Courbes.

Le Congrès a préconisé pour les courbes une inclinaison transversale uniforme de 6 p. 100, pour obvier aux effets de la force centrifuge sur les automobiles d'allure rapide. Avec la largeur de 9 m. 50 que présentent les routes nationales, le surhaussement du bord extérieur du virage par rapport au bord intérieur serait d'environ 0 m. 55.

Comme la circulation automobile est très active sur beaucoup de routes de Bohême et qu'il y a de nombreux virages entre Carlsbad et Marienbad et surtout dans les vallées, il y aurait à conseiller d'observer cette prescription du Congrès au moins pour les tronçons à circulation automobile intense.

Le rayon de courbure devrait mesurer au minimum 50 mètres dans ces parties, et j'estime qu'on devrait réaliser au moins les proportions indiquées dans le schéma ci-dessous pour les routes existantes, l'automobile pouvant, avec un rayon de 50 mètres, franchir le virage sans être obligé d'empiéter sur les accotements.

Dans les courbes et particulièrement dans celles où l'automobile doit approcher des bords de la chaussée, afin de pouvoir prendre la courbe avec plus de facilité, il ne faut pas mettre des dépôts de matériaux : il en est d'ailleurs ainsi ordonné en Bohême.

Le 1er Congrès s'est prononcé en faveur d'une bonne visibilité des courbes assurée par l'absence de plantations à l'intérieur de la courbe et par le décapement des ouvrages en contre-haut.

La visibilité des courbes est particulièrement défectueuse dans la corniche de la Côte d'Azur entre Nice et Menton, qui a été conquise sur la mer et sur les rochers. Malgré le tramway électrique et la circulation des autres voitures, très intense sur cette route, on a eu, même à l'allure vertigineuse que prit notre auto sur ce parcours, la sensation de la plus parfaite sécurité, et cela parce qu'on observe admirablement, en France, la sévère consigne de la droite ; sans cette prescription, on enregistrerait presque tous les jours des collisions sur la Corniche.

Sous ce rapport, notre ordonnance de voirie aurait besoin d'être modifiée et sérieusement remaniée.

b) *Entretien.*

Jusqu'en 1900, les routes de Bohême ont été entretenues par la méthode du « point à temps ». Les inconvénients de cette méthode, où l'on emploie la quantité de pierraille suffisante pour relever les flaches et frayés, consistent surtout en ce qu'on laisse aux voitures le soin de tasser la pierraille qui a pour effet de la gaspiller inutilement, d'augmenter l'effort de traction et d'agacer les usagers de la route. On avait inventé pour les empierrements un instrument de torture spécial qu'on appelait « l'empierrage en échiquier », afin que le conducteur de la voiture ou les animaux de traits ne puissent éviter par instinct de conservation les pierres roulantes.

Ces emplois en échiquier sont tellement absurdes pour obtenir un revêtement égal et uni qu'il n'en doit pas être fait d'autre mention.

Comme, chez nous, toute la circulation se concentre sur une même piste, au milieu de la chaussée, l'*empierrement de la piste*, d'ailleurs très pratique, est ce qu'il y a de mieux quand on a peu de pierraille à sa disposition. Mais il a cet inconvénient que les animaux de trait s'écartent de la pierraille et l'éparpillent sur toute la chaussée, en la chassant de l'étroite bande séparée, sous forme de pierres roulantes, d'où nécessité de rangements incessants, et cela sur de grandes longueurs ; le cantonnier ne peut, par suite, jamais en finir avec son travail.

Bien qu'en général la méthode du point à temps soit condamnée, elle a aussi, quand elle est bien appliquée, des avan-

tages capitaux qui consistent avant tout dans son bon marché et dans la rapidité avec laquelle peuvent être réparées toutes les dégradations. Tout en ayant commencé depuis 1900 à pratiquer la méthode des rechargements généraux cylindrés, il faudra bien conserver longtemps encore la méthode du point à temps pour les tronçons peu fréquentés, en raison même des avantages susmentionnés. Aussi a-t-on élaboré un programme d'après lequel, pendant les douze années à venir et conformément au tableau ci-après, doivent encore être entretenus par la méthode du point à temps :

Sur les 962 km. de routes de la 1re catégorie.	78 km., soit	8 0/0
Sur les 1329 km. — 2e —	893 km., soit	67 0/0
Sur les 1982 km. — 3e —	1971 km., soit	99 0/0
Sur les 4273 km. de l'ensemble	2942 km., soit	69 0/0

Programme de travaux pour les 12 prochaines années.	Kilomètres de routes des catégories. I	II	III	Ensemble Km.
Longueur totale	962	1329	1982	4273
Déjà pavés	73	19	10	102
Cylindrés jusqu'à fin 1906	252	26	—	278
A paver :				
Sur les tronçons déjà cylindrés	**36**	**1**	—	**37**
Sur les tronçons non cylindrés	25	3	1	29
A cylindrer :				
Déjà cylindrés	**63**	**12**	—	**75**
Non cylindrés	534	388	—	922
Par la *méthode du point à temps* ou contre compensation.				
A entretenir	78	893	1971	2942
Total	962	1629	1982	4273

Il faudra bien, d'ailleurs, pour se conformer aux exigences modernes, modifier quelque peu la méthode du point à temps suivant une façon de faire qu'on a déjà expérimentée avec succès et qu'on a, du moins dans mon inspection, adoptée assez généralement et dont voici le processus :

Les matériaux d'empierrement nécessaires pour la section de 4 kilomètres du cantonnier (100 mètres carrés pour les routes de la 2e catégorie, 50 mètres carrés pour celles de la 3e catégorie) sont employés sur la partie aplatie par la circulation, à la reconstitution du bombement normal, sauf la quantité nécessaire au comblement des flaches, de sorte que le milieu de la chaussée surtout, sur une largeur d'environ 2 m. 50, se trouve relevé de 8 à 10 centimètres. On recouvre la pierraille d'une mince couche de boue et d'autant de sable qu'il faut pour assurer sa cohésion. Les côtés de la chaussée, moins fréquentés, sont recouverts d'éclats de basalte ; l'accotement réservé à la circulation est recouvert de sable ou de fragments fins et, au besoin, consolidé. On obtient par là, avec de bons cailloux et de bons liants, même sans rechargement général cylindré, un profil suffisamment bombé et propice à l'écoulement des eaux et une chaussée qui ne le cède guère à la chaussée cylindrée, surtout quand on a utilisé un bon basalte et du sable de porphyre ou de granit qui lie bien.

Quand le rechargement ou l'agrégation de la pierraille par des liants se fait du côté de l'accotement, la gêne pour la circulation ne dure que très peu de temps et le cantonnier peut dépenser tout son labeur sur la portion remise en état, ce qui épargne beaucoup de main-d'œuvre. En outre, avec cette concentration de la pierraille, il n'y a que deux raccords, au commencement et à la fin de la portion relevée, tandis qu'avec la répartition de la pierraille pour les emplois partiels, il y a autant de raccords à faire que de mètres cubes répandus, ce qui peut dégrader immédiatement une route excellente en soi.

Ce genre d'ouvrage revient par mètre courant :

0mc,25 de basalte à 10 couronnes	= 2 cour., 50 heller	= 2fr,60
0mc,12 de sable à 4 —	= 50 heller	= 0fr,50
Total. . .	= 3 couronnes	= 3fr,10

Soit à 3 000 couronnes (3 100 francs) par kilomètre, alors que le kilomètre de rechargement cylindré sur 6 mètres de largeur coûte trois ou quatre fois autant.

Pour les routes de 2e catégorie, cet entretien se fait normalement par an sur 400 mètres (période décennale), et, pour les routes de 3e catégorie, sur 200 mètres (période vicennale) ; naturellement, selon les conditions de la circulation et l'usure des routes, on est à même d'accélérer la rotation.

Méthode des rechargements généraux cylindrés.

Comme il ressort du tableau précédent, on a entretenu par la méthode des rechargements généraux cylindrés :

Sur les 962 km.	de routes de la	1re	catégorie	252 km.,	soit 26,2 0/0
Sur les 1329 km.	—	2^e^	—	26 km.,	soit 1,9 0/0
Sur les 1982 km.	—	3^e^	—	—	—
Sur les 4273 km.,	un total de			278 km.,	soit 6,5 0/0

et on a l'intention d'entretenir à l'avenir par rechargements cylindrés les routes de la 1re catégorie dans la mesure où elles n'auraient pas besoin d'être pavées.

Comme les 278 kilomètres ci-dessus, entretenus jusqu'ici par rechargements cylindrés, représentent les routes les plus défoncées antérieurement et, pour la plupart encore les plus maltraitées, les expériences faites jusqu'à présent, en Bohême, avec cette méthode ne donnent pas de résultats satisfaisants ni au point de vue matériel, ni au point de vue financier.

Il est acquis que, pour le 1/8 environ de ces 278 kilomètres, les rechargements cylindrés même ne suffisent pas et sont dispendieux, de sorte qu'il faut y procéder au pavage. Les faits ont également montré que, sur les routes à circulation lourde, les rechargements cylindrés ne procurent pas une chaussée unie aussi longtemps qu'on est enclin à le croire dans la masse.

Il nous faut renouveler le cylindrage des routes cylindrées tous les trois ou quatre ans au minimum, et il y a des tronçons qui, dans l'année même de l'opération, accusent déjà des flaches et ont besoin d'emplois partiels, tout au moins faits avec des éclats.

On est arrivé aux mêmes résultats dans le grand-duché de Bade, d'après le rapport n° 23 de M. l'ingénieur Dr R. Fuchs.

Pour les rechargements cylindrés, on emploie presque exclusivement des roches dures, en particulier du basalte, qui procurent un revêtement solide et avec lequel, s'il ne tarde pas à se produire de-ci de-là des dénivellations, la route conserve néanmoins assez longtemps le bombement voulu ; par suite, les rechargements cylindrés pour la remise au profil reviennent beaucoup moins cher que le premier rechargement général.

Il y a, pour le moment, en Bohême, quatre cylindres à vapeur

en service qui ne trouvent d'ailleurs pas encore leur utilisation complète.

La Bohême a le bonheur de posséder du basalte excellent, notamment dans les régions septentrionales. Dans mon inspection, le cube de pierraille employé actuellement comprend : 90 p. 100 de basalte, 4 p. 100 d'autres roches dures et 6 p. 100 de roche inférieure, comme le quartz et le gneiss.

D'après le tableau, dans les douze prochaines années, il doit être procédé aux rechargements cylindrés sur :

534 km. de routes de la 1re catégorie, moyennant une dépense de	4.985.000 cour.
388 km. de routes de la 2e catégorie, moyennant une dépense de	3.850.000 cour.
922 km.	8.835.000 cour.

soit une dépense kilométrique de 9 580 couronnes (10 059 francs).

En supposant que les routes de la 1re catégorie aient besoin d'un grand aménagement tous les quatre ans et celles de la 2e catégorie tous les douze ans, les frais s'élèvent pendant les douze ans :

Pour 405 km. à . . . . 3.240.000 couronnes.

soit à 8 000 couronnes par kilomètre (8 400 francs).

Ajoutons les rechargements cylindrés des routes déjà cylindrées à la date de 1906, en exceptant les parties à paver, nous aurons 216 kilomètres dans la 1re catégorie, 25 kilomètres dans la seconde, en tout 241 kilomètres, avec une dépense de 5 508 000 couronnes. Par conséquent, la dépense totale pour 12 années de grand aménagement serait de . . . 17.583.000 cour. soit 1260 couronnes (1323 fr.) par kilomètre et par an.

Si l'on compare cette dépense à celle qu'exigeaient les routes de 1re et de 2e catégories avec la méthode du point à temps, à savoir :

Pour 750 km. de la 1re catégorie à raison de 1044 cour.	783.000 cour.
Pour 413 km. de la 2e catégorie à raison de 400 cour.	165.000 cour.
Pour 1163 km. dans l'ensemble	948.000 cour.
Et par suite, pour 12 années	11.376.000 cour.

Soit 815 cour. (856 fr.) par kilomètre et par an, il s'ensuit que *le grand aménagement coûte* 6.207.000 cour. *de plus* en 12 ans *que le petit entretien*, soit 445 cour. (467 fr.) *par kilomètre et par an ou* 55 0/0.

Ces chiffres, que j'ai établis en 1906 dans le programme de cylindrage pour les routes nationales de Bohême, que j'ai soumis au Ministère Impérial Royal de l'Intérieur, ne reposent pas sur une pure et simple hypothèse, mais concordent presque exactement avec le résultat d'expériences faites sur des rechargements généraux cylindrés : c'est ce que démontrent aussi les chiffres reproduits dans le rapport au 1er Congrès de M. l'Ingénieur Dr R. Fuchs, de Carlsruhe, et basés sur l'expérience, qui accusent un surcroît de frais de 57 p. 100 pour le grand aménagement par rapport au petit entretien.

Conclusions.

Bien que le 1er Congrès se soit déclaré chaud partisan des rechargements généraux cylindrés, il ne faut pas encore penser à les pratiquer d'une façon générale sur les routes de Bohême, en raison du surcroît de frais qu'ils entraînent par rapport à la méthode du point à temps. Il faudra déjà se féliciter qu'il y ait assez de fonds pour appliquer ce nouveau système à la restauration des tronçons les plus dégradés et à l'entretien des routes moyennement fréquentées.

Cette mesure n'intéresse que 922 kilomètres sur les 4273 kilomètres de routes nationales de Bohême, soit environ 20 p. 100 de la longueur totale, et, pour l'exécuter, il en coûtera, pour douze années, un surcroît de dépenses de 6207000 couronnes (6517350 francs), soit environ 517000 couronnes (542850 francs) par an.

Si l'on admet cette évaluation pour tout le domaine autrichien, il faut compter, par l'application du grand aménagement à 3200 kilomètres environ, une augmentation de dépenses de 1800000 couronnes (1890000 francs) par an.

Pavages.

Du tableau III, il ressort qu'il existait comme chaussées en Bohême, fin 1906 :

Sur les	962 km.	de la 1re catégorie,	73 km., soit 7 5 0/0
Sur les	1329 km.	de la 2e —	19 km., soit 1,4 0/0
Sur les	1982 km.	de la 3e —	10 km., soit 0,5 0/0
Sur les	4273 km.	de l'ensemble,	102 km., soit 2,3 0/0

Ces pavages ne portent pour la plupart que sur les sections en traverse de villes et ils sont entretenus par les communes intéressées.

Ils sont en grande majorité exécutés avec des cubes de granit ; mais on rencontre aussi en maints endroits ce qu'on appelle chez nous dans le vulgaire les « têtes de chat », qui consistent en pavés à parement bombé ; à ce seul mot, les cheveux se dressent sur la tête des cyclistes, des cavaliers et des automobilistes.

On s'efforce de remplacer ces pavés archaïques par des cubes ou des « petits pavés » et on alloue aux communes, à cet effet, une subvention pouvant aller jusqu'à 30 p. 100 de la dépense pour une bande de 6 m. 3 de largeur, sous la réserve qu'elles entretiendront le pavage moyennant un dédommagement versé tous les cinq ans et calculé d'après la dépense faite sur les chaussées des sections voisines proportionnellement aux longueurs considérées.

Conformément à la résolution votée sur ce point par le 1er Congrès, on veille à ce que les canalisations d'eau, de gaz, de câbles, les égouts, etc., se trouvent sur le côté par rapport à la bande à réparer ou soient établis de façon telle qu'il n'y ait pas à envisager de repiquages avant un long délai.

Dans les endroits où il n'y a pas de circulation lourde, on aura avantage à employer les *petits pavés* de basalte ou de granit pour les soufflages ; on conserve l'ancien pavé qu'on pose de champ au fond de l'encaissement, pour former une fondation, qu'on cylindre et qu'on égalise par une couche de béton ; puis on dispose les petits pavés sur un lit mince de sable et on dame le tout ensuite.

En 1908, on a posé à Koniggrätz un pavage d'essai en *petits pavés de granit* sur une route récemment cylindrée. Il vaut mieux, semble-t-il, livrer pendant un an à la circulation la route nouvellement cylindrée et ne commencer le pavage qu'après une mise au profil et un cylindrage préalable pour éviter les affaissements.

En 1908 également, le pont d'Eger à Karlsbad a été doté d'un revêtement spécialement recommandé par le 1er Congrès : petits pavés de granit sur lit de béton.

Entrepreneurs : les frères Kerber à Passau.

Prix pour 616 mq. de pavage : 4596 couronnes (4.826 fr.).
— la fondation de béton : 5197 couronnes (5.457 fr.).
Donc pour 1 mq. de pavage : 7 cour., 40 heller (7^{fr},75).
— — béton : 8 cour., 40 heller (8^{fr},80).

Ce pavage a conservé, jusqu'à maintenant, une excellente tenue.

En 1909, on a posé à Carlsbad les premiers pavages en petits pavés de basalte (maison Förster, Lauder et Cie, de Heinrichgrün), mi-partie sur une route cylindrée, mi-partie sur fondation de béton ; leur état est parfait jusqu'à présent.

D'après le tableau, on devrait encore paver, en raison des conditions de la circulation qui ne permettent pas d'obtenir un rendement économique de chaussées cylindrées pour ces sections :

Sur 962 km. de routes de la 1re catégorie :	36 km. de routes déjà cylindrées, 25 km. de routes non cylindrées.	6,3 0/0
Sur 1329 km. de routes de la 2e catégorie :	1 km. déjà cylindré, 3 km. non cylindrés.	3,0 0/0
Sur 1982 km. de routes de la 3e catégorie :	1 km. non cylindré.	0.05 0/0
Sur 4273 km. dans l'ensemble . . .	66 km., soit :	1,5 0/0

La dépense pour un pavage de 6 mètres de largeur en pierres de taille revient à 5 893 000 couronnes (6 187 650 francs), soit 89 280 couronnes (63 744 francs) par kilomètre et 14 cour. 88 heller (15 fr. 58) par mètre carré.

Comme ces pavages sont surtout effectués dans la banlieue des villes traversées par les routes nationales et que, pour la pose d'un pavage sur 6 mètres de largeur, elles reçoivent une subvention d'Etat de 60 p. 100, et, pour une bande de 6 mètres, l'indemnité compensatrice annuelle de traverse, l'Etat verserait 3 535 000 couronnes (3 711 750 francs). De leur côté, les communes auraient à couvrir le reste de la dépense, soit 40 p. 100 =

2 358 couronnes (2 475 900 francs), ainsi que les frais de pavage en dehors des 6 mètres susmentionnés, au moyen des 3 p. 100 environ que rapporte la subvention et de l'indemnité pour traverse à la charge de l'Etat.

En exécutant l'ouvrage en petits pavés, les frais diminueraient de moitié ; on pourrait surtout adopter ce système pour les 37 kilomètres (56 p. 100) déjà cylindrés.

Le tableau suivant pourrait servir à la comparaison du coût du pavage par rapport à celui des entretiens par rechargements cylindrés et par emplois partiels.

Mode d'entretien.	Km.	Durée du système.	Dépenses incombant à l'État pour 66 km.	Coût par kilomètre et par an.	Observations.
		années	en couronnes	en couronnes	
Point à temps.	66	1	118 800	1 800 (1 890f)	Les sections les plus fréquentées exigent 1 600 à 2 000 couronnes d'entretien par an et durent 3 ans au plus.
Rechargements généraux cylindrés.	66	3	840 000	2 665 (2 798f)	
Petits pavés.	66	15	1 663 200	1 680 (1 764f)	60 % de la dépense totale.
Pavage ordinaire.	66	30	3 535 000	1 785 (1 874f)	60 % de la dépense totale.

Les données expérimentales suivantes ont servi de bases pour l'établissement de ce tableau :

a) Les routes les plus fréquentées coûtent actuellement avec le petit entretien de 1 600 à 1 800 couronnes (1 680 à 1 890 francs) par kilomètre et par an pour la pierraille, le cylindrage et la main-d'œuvre auxiliaire.

b) On est arrivé au chiffre de 2 665 couronnes (2 798 francs) pour l'entretien kilométrique annuel par rechargements cylindrés, en prenant le tiers des frais de cylindrage périodique (8 000 couronnes par kilomètre).

Pour le *petit pavé*, qui apparaît dans le tableau comme le plus économique, on a admis 7 couronnes (7 fr. 35 par mètre carré) ; pour les petits pavés comme pour les pavés ordinaires, on n'a porté en compte que la subvention d'Etat de 60 p. 100.

Cela suppose une fondation parfaitement solide (route cylindrée ou assise de béton ou de pierre), comme en exige plus ou moins le pavage ordinaire pour être solide.

Si l'on ajoute, pour les deux méthodes d'entretien, les frais d'un cylindrage de mise au profil, estimés à 5 265 couronnes (5 578 francs) par kilomètre, il faudrait ajouter au coût des petits pavés le 1/15 = 350 couronnes (367 francs) et à celui du pavage ordinaire le 1/30 et l'on obtiendrait ainsi comme dépense par kilomètre et par an :

Petits pavés : subvention de 60 0/0, soit 1680 + 350	= 2030 cour.	(2131fr,50)
Pavage ordinaire : subvention de 60 0/0, soit 1785 + 175	= 1960 cour.	(2058 fr.)
Rechargements cylindrés	= 2665 cour.	(2798fr,25)
Point à temps.	= 1800 cour.	(1890 fr.)
En moyenne.	2114 cour.	(2220 fr.)

D'après ce parallèle, les pavages coûteraient un peu plus que le point à temps ; par contre, au point de vue financier, ils seraient beaucoup plus avantageux que les rechargements cylindrés et on recouvrerait presque, comparativement, l'indemnité versée à la commune intéressée pour l'entretien du pavage.

Il ne faut pas perdre ici de vue que le pavage bien exécuté et bien entretenu donne les chaussées les plus irréprochables aux points de vue sanitaire et technique et qu'il donnerait à nos villes une tout autre physionomie beaucoup plus avantageuse.

Goudronnage superficiel.

Partant de ce principe que l'incorporation du goudron à la chaussée ou tarmacadam revient presque aussi cher que les petits pavés de basalte ou de granit qui, cependant, durent beaucoup plus longtemps, et nous basant sur les expériences rapportées au Congrès de Paris, nous ne nous sommes occupés en Bohême que de goudronnage superficiel et nous l'avons restreint

aux sections desservant une circulation intense de véhicules légers et d'automobiles, ce qui est surtout le cas des routes si pittoresques qui relient les villes d'eau de Karlsbad et Marienbad.

Les premiers essais entrepris en 1909, malgré le mauvais temps, ont donné un résultat tout à fait satisfaisant, particulièrement sur des sections qui avaient été rechargées peu avant le cylindrage.

La population, qui, jusque-là, souffrait beaucoup de la poussière, s'est montrée très satisfaite du goudronnage dans la traversée des localités, d'autant plus que les routes enduites ne sont pas boueuses par la pluie. Les travaux ont été exécutés en régie, à l'aide des machines goudronneuses avec boîte à feu de la maison G. Breining. Le goudronnage a été effectué sur une longueur totale de 8 317 mètres et sur une superficie de 41 783 mètres carrés. On y a employé 60 669 kilogrammes de goudron, dont 32 669 de goudron distillé et 28 000 de goudron épais. Les frais se sont élevés à 6 326 cour. 14 heller (6 642 fr. 45) y compris le sable et la main-d'œuvre, soit 15 heller (0 fr. 157) par mètre carré. La consommation de goudron sur les chaussées de basalte a été en moyenne de 1 k. 2, avec un maximum de 1 k. 9 et un minimum de 1 kilogramme.

L'expérience a montré que le goudron non distillé, qui avait eu le temps d'épaissir en séjournant un an dans les fosses et ne contenait que 3 à 4 p. 100 d'eau, donnait de meilleurs résultats que le goudron distillé. Il n'est pas nécessaire non plus de sabler quelques heures après le répandage du goudron sur la route ; toutefois, le sablage immédiat a conduit également à de bons résultats.

Le goudronnage a conservé une tenue irréprochable jusqu'en novembre, mais a échappé depuis à l'observation à cause de l'épaisse couche de neige.

Résumé et Conclusions.

Pour des raisons d'économie, il n'y a pas lieu de repousser complètement la méthode du point à temps pour les routes peu fréquentées. Par un répandage suffisant de sable sur la pierraille, on peut obtenir aussi de bonnes routes avec la méthode du point à temps. Le système des rechargements géné-

raux cylindrés est dispendieux, quand il faut renouveler les rechargements tous les trois ou quatre ans ; dans ce cas, le pavage est tout indiqué, les petits pavés sont préférables au goudronnage profond.

Où le goudronnage superficiel se comporte le mieux, c'est sur les routes cylindrées qui desservent une circulation intense, non de poids lourds, mais d'automobiles.

Il conviendrait tout au moins de cylindrer et de goudronner superficiellement les sections de ces routes qui traversent les agglomérations, lorsqu'elles ne sont pas pavées.

Prague, le 30 *Novembre* 1909.

BRADACZEK.

(Trad. BLAEVOET.)

65495. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

R. VERSTRAETE
Ingénieur des Ponts et Chaussées
à Bruges
Pour les Chapitres I *et* II

EUG. FROIDURE
Ingénieur principal
des Ponts et Chaussées, à Ypres
Pour le Chapitre III

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHAUSSÉES EMPIERRÉES ET PAVÉES

Emploi de Liants dans la Constitution des Chaussées empierrées

EMPLOI DE BANDES DE ROULEMENT DANS LES CHAUSSÉES PAVÉES

PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

CHAPITRE I

Emploi de liants dans la constitution des chaussées empierrées

La vulgarisation du cylindrage par rouleau à vapeur, l'utilisation de pierrailles de nature plus résistante et l'application de produits antipoussiéreux ont successivement permis de perfectionner la construction et l'entretien des chaussées empierrées et d'atténuer le grand inconvénient que lui reprochait les riverains et les promeneurs.

Déjà, sur les routes à trafic moyen, un empierrement établi dans des conditions convenables d'assèchement, construit selon les dernières règles de l'art, judicieusement entretenu et goudronné à chaque printemps, ne révèle plus aucune des tares spécifiques qu'on lui attribuait jadis très légitimement. Mais il ne convient pas encore sur les routes à circulation lourde et intensive.

Certes, il s'y comporte déjà mieux que d'antan, mais il ne résiste pas assez victorieusement à l'usure. De ce chef, il est onéreux et assujettissant d'entretien, désagréable à fréquenter par les temps humides, à cause de la boue, et insupportable en période de sécheresse, à cause de la poussière. La rapidité de son usure annihile trop rapidement l'effet utile de tous les moyens antipoussiéreux que nous connaissons.

Tant d'inconvénients tiennent à la même cause : la médiocre qualité de la matière d'agrégation.

Le produit qui est généralement désigné sous ce nom n'est qu'un matériau plus ou moins pulvérulent, granuleux ou plastique, capable de pénétrer dans les interstices de la pierraille et de combler ces vides. Il rend la chaussée plus compacte, un peu moins perméable et moins mobile, mais il ne constitue pas une gangue qui agglomère, qui solidarise les éléments de la couche de roulement en un monolithe dont les blocaillons sont tellement sertis dans la gangue qu'ils sont immobilisés les uns par rapport aux autres et ne peuvent plus se raper latéralement et partant user la chaussée par l'intérieur.

Cette destruction intérieure est la principale source de poussière et de boue. Si on pouvait l'arrêter, l'usure ne serait plus que superficielle comme dans les pavages et, puisque la pierraille peut être de même roche que les pavés, on ne conçoit pas pourquoi les chaussées empierrées devraient être moins propres que les pavages.

Le liant devrait donc enchâsser la pierraille d'une façon permanente. Pour cela, il doit s'y attacher avec affinité, sans subir aucun affaiblissement pour quelque cause que ce soit et son état physique doit rester inaltérable à tous les agents atmosphériques. Si, par surcroît, il pouvait avoir un coefficient d'usure équivalent à celui de la pierraille et se prêter à l'application d'un produit pulvivore, l'empierrement triompherait sûrement du pavage.

Malheureusement, la science de l'ingénieur n'a pas encore découvert la gangue qui réponde à tant de qualités.

Parmi les matériaux liants d'usage courant, la plupart possèdent une ou plusieurs des propriétés requises. En choisissant judicieusement parmi eux et en les combinant de manière à former des mélanges qui tiennent compte des circonstances climatologiques et autres caractérisant le milieu dans lequel la gangue doit jouer son rôle, il est possible d'atteindre des résultats relativement satisfaisants.

Au point de vue du climat, on se trouve toujours devant une combinaison ou une succession plus ou moins complexe et variable de quatre influences : l'humidité, la chaleur sèche, le froid et le vent. Le choix de la matière d'agrégation est facile à définir lorsque chacune de ces influences agit seule.

En *région pluvieuse*, la gangue ne peut être ni miscible à l'eau, ni soluble. Si l'humidité la rend fluide ou pâteuse, la pression des véhicules l'expurgera du corps de la chaussée

ou bien le gonflement qui correspond à la modification de son état physique la fera refluer à la surface. Dès lors, les éléments de la pierraille n'étant plus qu'insuffisamment épaulés, peuvent se mouvoir et se frotter.

Il faut donc choisir un matériau sec tel que le sable gras siliceux, le gravier fin de rivière, la grenaille de porphyre, de quartzite, de grès dur, de scories, etc... D'après quelques essais récents, le poussier de scories, un mélange de fleur de laitier et de poussier de roche calcaire, un mortier de sable et ciment à prise lente ou un mortier de laitier granulé frais mêlé de chaux et de ciment paraissent convenir aussi.

Les liants gras, tels que : boue de route, sable argileux, débris de schiste, grenaille de grés schisteux, sont à rejeter. Les matières ou composés goudronneux ne paraissent pas convenir non plus, à moins que les véhicules ne soient relativement légers.

En *région sèche et chaude*, le choix doit porter sur les conglomérats qui ne se pulvérisent, ne se fondent et ne se ramolissent pas sous l'effet de la sécheresse et de la température. Ces trois effets sont nuisibles à la fixité de la pierraille et favorables à l'usure intérieure de la chaussée. Le premier y ajoute le défaut de permettre le soulèvement de nuages de poussière au passage des véhicules à circulation rapide.

Une pâte goudronneuse bouillie à haute température (180° à 210°) paraît convenir. Il semble aussi qu'un mortier de sable et ciment à prise lente, ou un mortier de laitier granulé frais, additionné de chaux et de ciment, doivent réussir. On a souvent adopté avec succès de la grenaille de schiste, de grès schisteux ou non, de porphyre, de quartzite et du gravier de rivière.

Le goudron bouilli à basse température, les mélanges argileux, le sable fin et la boue de route ne sont pas recommandables.

En *région de fortes gelées*, il faut éviter les gangues gelives et celles qui deviennent friables sous l'effet du froid. Les sables gras, les grenailles de grès, de porphyre ou de quartzite, le gravier fin de rivière, le mortier de sable et ciment à prise lente, le mortier de laitier granulé additionné de chaux et de ciment sont à conseiller dans ce cas.

Les argiles et les boues de route sont également bonnes,

mais elles gonflent sous l'effet de la gelée et créent des joints saillants qui rendent le roulement dur; les mélanges à fortes doses de poix deviennent friables; les poussiers secs et les sables fins restent pulvérulents et se soulèvent au passage des voitures rapides.

En *région venteuse*, le liant doit être adhérent, compact ou pesant, sinon les joints se vident et les blocaillons de pierraille sont arrachés par les chevaux et les automobiles, puis broyés par les roues des véhicules pondéreux. C'est une cause de destruction active et une gêne pour la circulation.

Les mélanges argileux, les pâtes goudronneuses, les grenailles de schiste et les mortiers déjà cités se recommandent ici.

Les sables, les poussiers, menus graviers de rivière et la fine grenaille de roches sèches peu agglutinantes, ne résistent généralement pas à l'enlèvement par le vent.

Le cas des régions typiques, l'on pourrait dire virtuelles, que nous venons d'étudier, n'est jamais permanent dans les climats tempérés. D'une façon générale, les influences qui les caractérisent, s'associent et se succèdent avec les saisons de l'année. Il convient alors de baser le choix sur la durée et l'énergie de chacune d'elles à l'époque où les routes sont le plus fatiguées.

Les autres circonstances à prendre en considération, dépendent soit d'une question budgétaire, soit de la nature de la pierraille à mettre en œuvre, soit de la catégorie de véhicules qui fréquente surtout la route.

Au point de vue de la nature de la pierraille, certaines roches peuvent avoir des propriétés particulières qui influent sur le choix du liant. Il en est, par exemple, qui s'écrasent plus ou moins sous le poids du rouleau compresseur et donnent ainsi du menu qui remplit presque entièrement les interstices. M. l'ingénieur en chef Dethy signale comme tels les grès cobentziens et faméniens et il ajoute que le sable légèrement argileux leur convient très bien comme matière d'agrégation.

D'autres donnent un produit d'usure qui s'agglutine mieux avec telle gangue qu'avec toute autre. Les roches calcaires, par exemple, se lient mieux avec la fleur de scorie qu'avec n'importe quelle grenaille. Les roches porphyriques et quartzeuses se lient mieux avec le poussier de porphyre qu'avec le poussier de grès ou de quartzite. Cela tient proba-

blement, comme l'explique M. l'ingénieur principal Gonard, à la présence de l'alumine.

La forme de la pierraille n'est pas sans avoir ses exigences. Les cailloux roulés, plus ou moins brisés, se fixent difficilement avec un conglomérat sec. Il faut leur ajouter une matière pâteuse : un mélange d'argile, une mixture de boue de route épaissie ou une pâte à goudron.

Suivant l'espèce de véhicules, il peut exiger l'application de produits antipoussiéreux ou pulvivores. Il ne peut y avoir antipathie entre le liant et ce produit. Supposons que la surface de la chaussée doive être goudronnée. La gangue doit être de nature sèche et rugueuse ou même quelque peu poreuse, afin que le goudron y adhère ou puisse s'y ancrer. Sous ce rapport, l'argile et les mélanges argileux sont détestables; les grenailles de porphyre, de quartzite et de grès non schisteux donnent d'excellents résultats.

Il est beaucoup question aujourd'hui de gangues goudronneuses. Nous ne sachons pas que nous possédions en Belgique une chaussée en tarmac ou tarmacadam soumise, en hiver, à un trafic pondéreux intense. Nous n'avons conséquemment pas pu juger comment elle se comporterait sous notre climat relativement humide. Nous craignons cependant pour son succès, car le goudron est l'ennemi déclaré de l'eau et des grands froids.

Sous l'effet de la gelée, il durcit suffisamment pour qu'on n'y puisse plus enfoncer une pointe de canif, mais aussitôt que le dégel s'annonce, fût-ce par quelques rayons de soleil seulement, il se ramollit aussitôt et se détache de la pierraille comme on le constate par le relèvement des pellicules qui enrobent la tête des éléments de pierraille. Lorsqu'on enlève ces pellicules, on peut voir, sur la face qui touche à la pierre, une mince couche de grésil ou de minuscules perles de glace. Nous en concluons que l'eau se glisse entre la pierraille et la gangue, soit par capilarité, soit à défaut de contact intime. Nous attribuons cette cause à la disparition, rapide en hiver, de la protection que le goudronnage superficiel apporte aux chaussées empierrées ordinaires, bien fréquentées en cette saison. Ne constaterait-on pas le même phénomène dans la profondeur des tarmacadams?

Sur les voies du littoral belge, les empierrements à gangue

de béton donnent d'excellents résultats, mais elles sont désertes pendant la saison hivernale.

Depuis quelques années, on essaie, en Belgique, du mortier de sable et ciment et des mortiers au laitier granulé frais, additionné de chaux et de ciment.

Ces essais ne peuvent être confondus avec les chaussées en béton, qui donnent des résultats déplorables à cause de l'excès de mortier.

En 1906, nous avons substitué au liant ordinaire un mortier de sable et ciment, en nous efforçant de réduire la gangue au strict minimum. A cet effet, la pierraille fut cylindrée comme à l'ordinaire, jusqu'à obtention d'une mosaïque aussi serrée que possible. Sur cette mosaïque, nous avons coulé le mortier et forcé sa pénétration dans les joints, en brossant vigoureusement et en faisant passer et repasser le rouleau compresseur. Celui-ci imprime à la pierraille de légères secousses qui favorisent la descente du liant. Le travail s'est achevé par l'enlèvement du mortier en excès et par le répandage, à la volée, d'une mince couche de sable sur laquelle le cylindre effectuait encore quelques passages.

Cet essai se comporte bien. La pierraille est solidement scellée et l'usure intérieure ne se produit plus. On remarque seulement que le mortier s'est usé dans les joints trop ouverts et que les zones où ceux-ci sont nombreux deviennent rugueuses.

Sur notre proposition, M. Hainaut, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées à Bruges, a bien voulu solliciter du département une application plus large de ce procédé. L'entrepreneur a demandé un supplément de 0 fr. 40 au mètre carré de chaussée. Le mortier doit être fabriqué au broyeur mécanique et sa composition est de 4 volumes de sable des dunes pour 1 volume de ciment Portland à prise lente.

M. Cornet, ingénieur en chef des ponts et chaussées à Liége, a eu l'idée de tirer parti des propriétés agglutinantes du laitier granulé de haut fourneau, en l'introduisant dans les empierrements sous forme de mortier. Il met ce mortier entre deux couches de pierraille. La première étant suffisamment raffermie au rouleau compresseur, il la couvre d'un lit de mortier sur lequel il étend la seconde couche de pierraille. Sous l'effet du cylindrage de celle-ci, le mortier pénètre dans les interstices des deux étages et constitue, en durcis-

sant, une dalle monolithe, qui n'est pas glissante, qui résiste à la gelée et qui est à l'abri de toute usure intérieure.

L'expérience de divers essais a montré que le lit de mortier doit avoir 35 millimètres d'épaisseur, pour une hauteur de 0 m. 14 à 0 m. 15 de pierraille.

La meilleure composition de mortier paraît être celle qui correspond à 10 volumes de laitier granulé frais, 2 volumes de chaux hydraulique et 1 volume de ciment Portland à prise lente.

Bien que le laitier contienne déjà une bonne dose de chaux, il est nécessaire d'en ajouter pour obtenir un liant suffisamment gras. Le ciment n'a d'autre rôle que de hâter la prise.

Le mortier doit être fabriqué au broyeur. Les essais de mortier fait à la houe sont moins satisfaisants.

MM. les ingénieurs des ponts et chaussées Warocquier et Verschoore, sous la conduite desquels les essais ont été entrepris, indiquent d'autres compositions de mortier plus pauvres en ciment, qui réussirent également, mais dont le durcissement fut plus lent.

Les premiers empierrements satisfaisants de l'espèce datent d'octobre 1908. Ils se comportent très bien.

Nous avons proposé d'en faire une application à grande échelle et M. l'ingénieur en chef Hainaut a bien voulu soutenir cette demande.

L'entrepreneur réclame un supplément de 0 fr. 45 par mètre carré. Dans la province de Liége, où il y a des hauts fourneaux, les entrepreneurs se sont contentés de 0 fr. 40.

CHAPITRE II

Emploi de bandes de roulement dans les chaussées pavées.

La plupart des chaussées pavées de la Belgique sont vieilles. Leurs matériaux sont généralement irréguliers et cahoteux. Elles rendent de grands services au transport des marchandises, mais elles sont presque impraticables pour les véhicules modernes servant au déplacement rapide des personnes.

On ne peut songer à les renouveler toutes d'ici longtemps. Les ressources budgétaires ne le permettent pas, non plus que les matériaux disponibles.

Comme il devient cependant urgent de les adapter aux

besoins du jour, on recourt à des transformations plus économiques, en établissant dans le corps des chaussées, des bandes de roulement.

Le plus souvent, cette solution consiste à établir dans la zone médiane du pavage, un noyau central de 3 mètres de largeur, exécuté en pavés neufs à taille soignée : des pavés en porphyre de qualité dite « remaniés » ou des pavés en grès désignés sous l'étiquette de « demi-retaillés ».

Cette piste axiale est élargie à 5, 6 ou même 7 et 8 mètres, en y accolant, sans enchevêtrement, une double tranche en matériaux de réemploi provenant de l'ancienne chaussée.

A cet effet, les pavés démontés sont triés en trois lots : 1° les pavés relativement réguliers; 2° ceux qui sont difformes, mais assez volumineux pour être équarris par épinçage; 3° ceux qui restent et que l'on considère comme le rebut.

On emploie d'abord les premiers, puis on épince les seconds de la quantité suffisante pour les flancs à construire. Si les deux premiers lots n'en donnent pas assez, le travail est complété par l'emploi des meilleurs pavés de rebut.

Le public est satisfait de cette solution. Il possède sur l'axe une belle voie qu'il ne doit abandonner qu'en cas de croisement.

Il est certes regrettable d'amener ainsi tous les véhicules dans le même sillage. Toutefois, les résultats sont encourageants, car les rouages ou frayés que l'on craignait au début se dessinent très lentement, à moins que le sol de la fondation ne soit compressible.

Les pavés neufs de la bande de roulement sont généralement pris de même nature que les matériaux des flancs.

Ces transformations sont toutefois encore onéreuses et, faute de matériaux et de fonds disponibles, la réfection des chaussées ne s'accomplit pas aussi vite qu'on le désire.

*

* *

Sous l'initiative de l'Automobile-Club de Belgique, on a essayé un autre système.

A équidistance du milieu de la vieille chaussée, on a tenté d'établir deux rails parallèles en béton de ciment, espacés

de 1 m. 45 d'axe en axe. Ces rails devaient avoir 0 m. 375 de largeur moyenne.

Pour les construire, on démontait à leur emplacement, alternativement, deux ou trois pavés contigus provenant des rangées transversales successives, et créant ainsi des crans latéraux pour ancrer le rail dans le vieux pavage.

La cavité de ce démontage fut approfondie de 0 m. 12, de manière à réaliser 0 m. 27 à 0 m. 30 de profondeur totale.

Au fond de ce coffre, on posait les pavés démontés, tête en bas et, sur cette fondation, furent établis deux massifs de béton énergiquement damé.

Le premier remplissait l'interstice des pavés et s'élevait à 5 centimètres au-dessus du plan supérieur des pavés du fond. Il était constitué de béton fin au dosage suivant : 1 000 kilogrammes de ciment de Tournai à prise rapide, 2 mètres cubes de sable rude et 1 mètre cube de pierraille de porphyre du calibre de 4 à 5 centimètres.

Le second massif de 7 centimètres d'épaisseur devait s'araser avec la surface du pavage et épouser le bombement de celui-ci. Il comprenait trois couches : la première de 3 centimètres d'épaisseur et les deux suivantes, les supérieures, de 2 centimètres.

Le dosage de ce béton était : 2 mètres cubes de ciment Portland à prise lente, 4 mètres cubes de sable rude et 4 mètres cubes de grenaille de porphyre.

Le résultat fut une déception. Moins d'un mois après leur livraison au charroi, ces rails commencèrent à s'user et trois mois plus tard, malgré tous les efforts d'entretien, on fut obligé de les supprimer petit à petit pour reconstituer la chaussée homogène.

*
* *

Dans la province de la Flandre orientale, M. l'ingénieur en chef Dutordoir, du service technique provincial, a pris l'initiative d'un autre type de piste.

Beaucoup de routes de son service sont trop étroites en couronne pour recevoir un ruban cyclable indépendant de la chaussée. Dans ces circonstances, il établit un pavage hétérogène de la manière suivante.

A l'exécution des relevés à bout, il trie soigneusement les pavés et les échantillonne d'après la largeur des têtes. Il réunit ainsi, en divers lots, tous les matériaux qui peuvent être mis en œuvre, dans une même rangée transversale, avec des pavés neufs de l'un ou de l'autre type courant.

Ceux qui ne correspondent, au point de vue de la largeur des têtes, à aucun de ces types sont rebutés.

M. Dutordoir supplée à ce déchet, par une fourniture de pavés neufs à tête unie, d'échantillons aussi variés qu'il a pu créer de lots, et il met le tout en œuvre, de façon à réunir les pavés neufs en un ruban central d'environ 0 m. 60 de largeur.

Il réalise ainsi sur la crête de la chaussée, une bande très unie servant de piste cyclable.

Les anciens pavés sont généralement en porphyre et les nouveaux en grès. La différence de couleur marque la piste.

Le ruban de roulement n'est pas seulement utile aux cyclistes. Il est très apprécié par les conducteurs d'automobiles qui tiennent deux roues sur la piste et obtiennent ainsi un roulement relativement doux.

Il nous semble que le système de M. Dutordoir pourrait recevoir une application plus large et qu'il conviendrait à la création de rails semblables à ceux qui furent essayés en béton, sous l'impulsion de l'Automobile-Club.

L'on pourrait seulement avoir soin de créer un pavage de nature homogène en choisissant, pour les rails, des pavés neufs de roche identique aux pavés vieux. Les matériaux en grès subissant constamment le gros roulage, auquel ils échappent dans le cas du ruban cyclable central, s'useraient probablement plus vite que les pavés de porphyre attenants et détruiraient ainsi la régularité du bombement au détriment de l'écoulement des eaux.

CHAPITRE III

Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière.

a) Goudronnage à chaud

Des divers procédés en usage pour combattre la poussière et l'usure des chaussées empierrées, c'est le goudronnage à chaud qui, jusqu'ici, a donné les meilleurs résultats.

Le moment semble même venu de se demander si ce procédé ne peut être considéré comme entré définitivement dans la pratique.

La campagne de 1909, si elle a été, en raison du mauvais temps, particulièrement défavorable au point de vue des opérations du goudronnage, a eu du moins l'avantage de montrer que, en pareil cas, le goudronnage à chaud est encore particulièrement possible.

Les principales routes empierrées de la Flandre occidentale, formant un développement de plus de 70 kilomètres, ont pu être goudronnées au moyen d'un appareil de goudronnage mécanique et de deux appareils ordinaires; l'appareil mécanique ayant, du reste, fonctionné le plus souvent comme tracteur, et, pendant peu de jours seulement, comme appareil de goudronnage.

L'appareil mécanique consistait en un rouleau compresseur à vapeur, aménagé en goudronneuse, comme il a été dit au rapport présenté au premier Congrès de la route.

Les appareils ordinaires étaient les mêmes que ceux employés les années précédentes; leur description a été donnée également au rapport précité.

Pour que le goudronnage à chaud puisse être considéré comme pratique, il faut qu'il soit acceptable comme prix, qu'il soit efficace, ne présente pas d'inconvénients sérieux et que son exécution soit régulièrement possible.

Pour l'examen de ces divers éléments, nous considérerons séparément le goudronnage mécanique et le goudronnage ordinaire.

I. — Goudronnage au moyen d'appareils mécaniques

Quantité de goudron à employer par mètre carré. — Puisqu'il s'agit d'établir le prix annuel du goudronnage, il faut se placer dans l'hypothèse de routes déjà goudronnées.

La quantité de goudron nécessaire pour pareilles routes varie assez sensiblement.

Certaines sections de routes très fatiguées, comme celle d'Ostende à Snaeskerke, voient disparaître le goudron en totalité en une année, tandis que d'autres, et la plupart sont dans

ce cas, le conservent en proportion plus ou moins grande, suivant l'intensité du trafic.

D'autres circonstances encore ont de l'influence sur la quantité de goudron. C'est ainsi qu'une route usée exigera plus de goudron qu'une route ayant conservé un profil uni et régulier.

Le degré de dessication de la chaussée entre en ligne de compte également, la pierraille se dénudant lors de l'époudrage d'autant plus fortement que la chaussée est plus sèche.

En 1908, les routes empierrées de la Flandre occidentale ont été, en majeure partie, goudronnées mécaniquement et ont exigé une quantité de goudron variant de 1 kg. 056 à 1 kg. 300 et une moyenne générale de 1 kg. 200 par mètre carré.

En 1909, cette quantité a varié de 0 kg. 5 à 1 kg. 3 et la moyenne générale a été de 1 kg. 05, c'est-à-dire un chiffre inférieur à celui de l'année précédente. Plusieurs sections de routes avaient, en effet, conservé une assez grande partie du goudron de l'année précédente. D'autre part, le travail a été fait, en majeure partie, au moyen d'appareils ordinaires; ces appareils permettent de réaliser une économie de goudron et, si toutes les routes avaient été goudronnées de cette façon, la moyenne générale serait probablement tombée au-dessous de 1 kilogramme.

La goudronneuse mécanique est susceptible de perfectionnements et on peut espérer qu'on parviendra à en obtenir des résultats peu différents de ceux auxquels conduisent les appareils ordinaires.

Il semble donc que pour un réseau de routes comprenant des sections à trafic important, telles que Ghistelles-Ostende; Ypres-Menin et d'autres sections à faible trafic, telles que Nieuport-Snaeskerke, Ypres-Elsendamme, réseau dont le trafic général moyen peut être considéré comme modéré, la quantité de goudron nécessaire annuellement se rapproche de 1 kilogramme par mètre carré.

On pourrait admettre ce chiffre pour les appareils ordinaires, mais pour le calcul du goudronnage mécanique, il conviendra d'adopter encore, pour le moment, un chiffre supérieur, par exemple 1 kg. 2, chiffre obtenu en 1908.

Prix du goudron. — Le goudron a pu être acquis en 1909, dans différentes usines à gaz, au prix de 25 francs la tonne, prix qui correspond par conséquent au cours actuel.

Ce prix est inférieur à celui des années précédentes, de sorte qu'il y a tendance à la baisse malgré le débouché nouveau que le goudronnage offre pour ce produit.

Transport du goudron. — Le goudronnage des routes du nord de la Flandre occidentale s'est fait au moyen de goudron provenant des usines de Bruges et de Nieuport, transporté par bateau-citerne appartenant à l'Etat, à proximité des endroits à goudronner, puis conduit sur place par voiture-citerne.

Les dépenses inhérentes au transport par bateau comprennent, outre l'entretien et l'amortissement dont il sera question plus loin, les frais de traction et le salaire du batelier.

La traction a pu se faire généralement par un cheval traînant les chariots-citernes et n'a donné lieu qu'à une dépense insignifiante.

Le batelier est un agent de l'Etat et a reçu, outre son salaire, un supplément journalier de 3 francs. Le salaire et l'indemnité représentent 1 fr. 70 par tonne de goudron. Le transport des chariots-citernes a donné lieu à une dépense moyenne de 2 francs par tonne.

Le coût du transport du goudron s'est donc élevé à 3 fr. 70 par tonne, chiffre à porter à 4 francs, pour tenir compte des frais de traction du bateau.

Pour les routes de l'arrondissement d'Ypres, approvisionnées au moyen de goudron de l'usine de cette dernière ville, le transport s'est fait en majeure partie par essieu, à l'entreprise, et d'après un barème conduisant à 3 fr. 40 pour 5 kilomètres de distance, 5 fr. 15 pour 10 kilomètres et 7 fr. 70 pour 18 kilomètres.

Ces transports ont coûté, en général, de 3 à 4 francs la tonne et ont été faits au moyen de voitures-citernes remplies par le personnel de l'usine à gaz aux frais de celle-ci.

Pour les parties des routes d'Ypres à Menin et d'Ypres à Elsendamme, les plus éloignées de l'usine d'Ypres, le goudron a été transporté en barils par le chemin de fer vicinal qui parcourt ces routes, déversé dans le fossé de celle-ci à proximité de la gare vicinale, puis repris dans des voitures-citernes.

Ce dernier mode est très avantageux pour les distances supérieures à 15 kilomètres, surtout si l'usine à gaz est reliée directement au chemin de fer vicinal. Il présente, en outre, l'avantage de permettre l'approvisionnement d'avance et de mieux assurer de la sorte, la régularité des opérations de

goudronnage. Le transport par essieu pour les distances un peu longues laisse à désirer sous ce rapport.

Le transport à 15 kilomètres par chemin de fer vicinal et 2 kilomètres sur route revient à 5 francs environ, y compris le transport de l'usine à gaz à la gare vicinale, le retour des barils vides et toutes manipulations nécessaires.

Au lieu de vider les barils dans les fossés pour en reprendre ensuite le goudron dans des voitures-citernes, on pourrait échelonner les barils le long des routes; seulement, dans ce cas, l'approvisionnement préalable exige un grand nombre de barils et ceux-ci sont exposés à être volés ou brisés. D'autre part, les opérations de goudronnage s'effectuent plus régulièrement et plus rapidement avec les voitures-citernes qu'avec les barils.

A défaut de chemin de fer vicinal, on peut transporter par chemin de fer ordinaire, dans ce cas, le transport sur route sera souvent assez long; par contre, le transport par chemin de fer de l'Etat est plus onéreux pour celui-ci. En outre, la plupart des usines à gaz sont reliées directement au chemin de fer.

Le rouleau compresseur à vapeur transformé en goudronneuse a fréquemment coopéré aux transports de goudron, lesquels, dans ce cas, ont été peu coûteux.

Le coût moyen des transports de goudron dans la Flandre occidentale ne s'est pas élevé à 5 francs la tonne; c'est ce dernier chiffre qui sera introduit dans le calcul du coût du goudronnage.

Deux genres de fosses ont été essayés pour l'approvisionnement préalable du goudron : une fosse avec fond et talus revêtus de maçonnerie et une simple fosse creusée dans le sol sans revêtements. Ces fosses ont été entourées de ronces artificielles pour empêcher les accidents et, autant que possible, le vol; elles n'ont pas été couvertes.

Il n'y a pas eu de déperdition de goudron dans la fosse en terre, de sorte que le revêtement paraît inutile.

Un accident est à signaler : le goudron d'une des fosses a pris feu, projetant des flammes à plusieurs mètres de hauteur. La cause de l'incendie n'a pu être déterminée, mais doit probablement être attribuée à la malveillance. On pourra éviter facilement ce genre d'accidents en maintenant une petite nappe d'eau au-dessus du goudron.

Le vol est plus difficile à éviter si on ne veut construire des fosses complètement fermées; seulement, il ne porte jamais que

sur de très minimes quantités, le vol en grand étant en quelque sorte impraticable.

Epoudrage. — Comme on disposait, dans la Flandre occidentale, de trois balayeuses mécaniques, ces appareils ont été attelés à la suite l'un de l'autre et traînés par la goudronneuse mécanique, soit dans l'intervalle des opérations de goudronnage, soit pendant le goudronnage à la main.

Il a suffi, en général, d'un seul passage du train de balayeuses ne donnant lieu qu'à une dépense très minime.

On ne dispose pas toujours de plusieurs balayeuses; or, pour un seul appareil, l'emploi de la goudronneuse mécanique comme tracteur ne se justifie plus.

Dans l'hypothèse de la traction animale, la dépense revient à 0 fr. 001 par kilogramme de goudron environ. Un cheval, coûtant 10 francs par jour peut, en effet, préparer une surface de chaussée suffisante pour la mise en œuvre de 10 000 kilogrammes de goudron.

Le repiquage d'une brosse de balayeuse coûte 70 francs environ et doit se faire après époudrage de 100 000 mètres carrés, à peu près; la dépense, de ce chef, s'élève donc à 0 fr. 0007 par mètre carré.

La poussière soulevée par la balayeuse est fort désagréable et même nuisible pour le conducteur; elle est nuisible également pour le cheval.

Le mécanicien de la goudronneuse mécanique est généralement à l'abri de la poussière quand il opère la traction du train de balayeuses.

Chauffage et répandage du goudron. — Le rouleau compresseur à vapeur transformé en goudronneuse et ayant servi aux opérations de 1908 a été utilisé également, et sans modifications sensibles, en 1909, mais d'une façon moins générale. Cet appareil a été utilisé plutôt pour la traction des balayeuses mécaniques ainsi que pour les transports de goudron.

Cet appareil a été employé toutefois vers la fin de la période de goudronnage, afin d'accélérer les opérations qui avaient été, jusqu'alors, fortement contrariées par le mauvais temps.

L'appareil comprend essentiellement un rouleau compresseur à vapeur auquel est adapté, à l'arrière, un réservoir muni d'un serpentin alimenté par la vapeur de la chaudière du rouleau. Derrière l'appareil est fixé une rampe d'arrosage avec train de balais.

Le remplissage du réservoir peut se faire, soit à la main, soit par la pression de la vapeur, laquelle est introduite dans la voiture-citerne et refoule en quelque sorte instantanément le goudron dans le réservoir.

La voiture-citerne doit, dans ce cas, être en fer et construite de façon à pouvoir résister à une légère pression. Elle porte les accessoires des appareils à vapeur.

Ce mode de remplissage, s'il fonctionne bien, est cependant moins simple que le remplissage à la main. Le personnel avait le choix entre les deux modes et a donné la préférence au second. Le remplissage à la main dure plus longtemps, seulement le chauffage se fait en même temps que le remplissage et quand celui-ci est terminé, le goudron est arrivé à peu près à la température voulue.

Le remplissage à la main n'occasionne ainsi que peu ou pas de perte de temps, il présente le grand avantage de permettre l'emploi de voitures-citernes quelconques et notamment des tonneaux de cultivateurs, appareils de peu de valeur et qu'on trouve partout.

Main-d'œuvre. — La brigade d'ouvriers affectée au goudronnage mécanique se compose de six hommes : un mécanicien chargé de la conduite de l'appareil, deux hommes pour les diverses opérations inhérentes au chauffage et au répandage du goudron et trois hommes pour le recouvrement du goudron après répandage.

Les hommes sont payés à raison de 0 fr. 30 l'heure : à ce prix on peut se procurer des ouvriers dans toute la province, à la condition cependant de pouvoir les utiliser les jours où le goudronnage est suspendu : les terrassements sont tout indiqués dans ce cas.

A l'époque de la moisson, il est plus difficile de trouver des ouvriers, mais les opérations de goudronnage doivent normalement être terminées pour cette époque. En 1909, à cause de la persistance du mauvais temps, il a fallu encore goudronner alors que l'époque de la moisson était arrivée; les ouvriers nécessaires ont été trouvés, seulement il a fallu payer 0 fr. 35 l'heure à un ou deux ouvriers pendant quelques jours.

Le mécanicien du rouleau n'est autre qu'un cantonnier auquel est alloué un salaire de 3 fr. 50 par jour.

La goudronneuse mécanique a chauffé et répandu, savoir :

21	juillet	10.000 k.	de goudron.	4	août	10.500 k.	de goudron.
22	—	11.000	—	5	—	10.000	—
23	—	12.000	—	6	—	13.000	—
24	—	11.000	—	7	—	13.000	—
25	—	12.500	—	10	—	12.000	

Les autres jours, elle a effectué la traction des balayeuses mécaniques ou des voitures-citernes. Parfois elle a goudronné pendant une partie de la journée.

Cet appareil peut donc chauffer et répandre en moyenne 11 500 kilogrammes de goudron par jour. La main-d'œuvre revient ainsi à moins de 0 fr. 0022 par kilogramme de goudron.

Combustible. — La mise en œuvre de 10 tonnes de goudron exige environ 350 kilogrammes de charbon à 26 fr. 50 la tonne, soit 0 fr. 0009 par kilogramme de goudron ou 0 fr. 001 avec l'huile (18 francs pendant toute la campagne).

Le rouleau compresseur a coûté 16 000 francs. L'Etat le possède depuis un certain nombre d'années déjà et il peut rendre encore de longs services tant comme compresseur que comme goudronneuse. Il ne sert pour le goudronnage que pendant le quart de l'année environ. En amortissant la dépense en vingt ans, on obtient pour la partie relative au goudronnage $\frac{16.000}{20 \times 4} = 200$ francs par an. Les frais d'entretien de cet appareil sont très variables. Insignifiants en 1908, ils se sont élevés à 400 francs pour la totalité de l'année 1909. Le quart de cette dernière somme pourrait être introduit dans le calcul du coût du goudronnage.

Les appareils de goudronnage adaptés au rouleau compresseur ont une valeur de 1 500 francs. Ils sont d'une extrême simplicité et peu sujets à dérangements. Leur durée sera très longue. Une somme de 50 francs par an, pour entretien et amortissement est suffisante.

Une balayeuse mécanique coûte 1 500 francs et résistera probablement une dizaine d'années, d'où une dépense annuelle de 150 francs. L'entretien est très peu important, nous l'évaluerons à 25 francs. Les trois balayeuses conduiraient donc à $3 \times 175 = 525$ francs en frais d'entretien et d'amortisse-

ment, mais comme elles ne fonctionnent, pour le goudronnage, que pendant le quart de l'année et peuvent pendant le restant de l'année servir à l'ébouage et l'époudrage, la dépense annuelle du chef du goudronnage serait de 130 francs environ.

Si le transport du goudron se fait de l'usine directement le long de la route en voitures-citernes, il faut six à huit véhicules d'une valeur de 200 francs, entraînant une dépense annuelle de 175 francs environ.

Si le transport se fait par chemin de fer, au moyen de barils vidés ensuite dans les fossés, il faut une quarantaine de barils, deux ou trois voitures-citernes et une pompe. L'entretien et l'amortissement conduisent à un chiffre inférieur à celui ci-dessus.

Si l'approvisionnement se fait par barils échelonnés le long de la route, il faut pour 1 500 francs de barils environ; la durée de ceux-ci n'est que de quelques années et l'entretien et l'amortissement s'élèvent à un chiffre double environ de celui calculé ci-dessus. Ce procédé étant peu à recommander et pouvant généralement être évité, il ne sera pas envisagé pour les calculs.

Nous ne considérerons pas davantage le bateau-citerne dont il est fait usage dans la Flandre occidentale et dont l'entretien et l'amortissement peuvent être évalués à 300 francs environ.

L'usage du bateau constitue un cas particulier et conduit, d'ailleurs, à une économie sur les transports.

L'intérêt à 3 p. 100 du capital engagé dans le matériel revient à 250 francs environ, en comptant le quart de la valeur du rouleau compresseur et des balayeuses.

L'entretien, l'amortissement du matériel ainsi que l'intérêt du capital engagé conduisent ainsi à une somme annuelle de 900 francs environ.

Ce matériel peut mettre en œuvre, pendant une campagne de trois mois, de 300 à 400 tonnes.

Pour 300 tonnes, on arriverait à une dépense annuelle de 0 fr. 003 par kilogramme de goudron.

Coût du goudronnage par mètre carré. — Les éléments ci-dessus permettent d'établir comme suit le coût annuel, par

mètre carré, du goudronnage pour les chaussées à trafic moyen et ayant été goudronnées l'année précédente :

Époudrage 0,01 × 1k,2	0,0012
Entretien des brosses	0,0007
Goudron 1k,2 × 0,025	0,0300
Transport du goudron 1k,2 × 0,0005	0,0060
Main-d'œuvre 1k,2 × 0,0022	0,0026
Combustible et huile 1k,2 × 0,001	0,0012
Entretien et amortissement 1k,2 × 0,003	0,0036
Total	0,0453

b) **Goudronnage ordinaire**

Quantité de goudron à employer par mètre carré. — Ainsi qu'il résulte des explications données au commencement du présent rapport, la quantité de goudron par mètre carré avec répandage à la main peut être évaluée à 1 kilogramme pour un ensemble de routes à trafic général moyen. Afin d'éviter tout mécompte, il sera préférable cependant de compter sur une quantité un peu supérieure; nous introduirons donc dans les calculs le chiffre de 1 kg. 1.

Epoudrage. — L'époudrage préalable au goudronnage, avec appareils ordinaires s'est fait à la main. Trois hommes peuvent préparer l'étendue de chaussée voulue pour une mise en œuvre de 5 000 kilogrammes de goudron, à moins que la quantité de poussière ne soit trop abondante, comme c'est le cas pour les chaussées récemment rechargées ou n'ayant pas encore été goudronnées.

Le renouvellement des brosses ne donne lieu qu'à une minime dépense.

En groupant les brigades d'ouvriers munis d'appareils de goudronnage ordinaires, on peut effectuer l'époudrage à la balayeuse mécanique et réaliser ainsi une certaine économie.

Main-d'œuvre. — Cinq hommes, dont un au répandage, deux à la surveillance des foyers et un au remplissage des vases et deux au recouvrement du goudron peuvent chauffer et répandre en une journée de onze heures 5 000 kilogrammes de goudron, en effectuant tous les déplacements du matériel

et toutes les manœuvres sur une étendue de route de plus de 1 kilomètre.

Le tableau ci-dessous donne les résultats obtenus pendant la période du 15 au 19 juin, entre Woesten et Elsendamme.

DATES	Quantité de goudron mise en œuvre	Nombre d'hommes
Juin 15	6.300 kilos	8
— 16	4.529 —	8
— 17	4.861 —	8
— 18	5.148 —	8
— 19	5.000 —	8

Le résultat obtenu le 15 juin a nécessité un effort spécial qui, probablement, ne serait obtenu régulièrement que si le travail se faisait à l'entreprise au lieu de l'être en régie, avec un simple cantonnier comme surveillant.

A raison de 5000 kilogrammes par jour, la main-d'œuvre revient à $\frac{8 \times 3{,}60}{5000} = 0$ fr. 00575 par kilogramme de goudron.

Combustible. — Il faut environ 1 hectolitre de coke pour le chauffage d'une tonne de goudron, d'où une dépense de $\frac{1 \text{ fr. } 20 \times 1 \text{ kg. } 1}{1000} = 0$ fr. 0013 par mètre carré.

Entretien et amortissement des appareils. — Les appareils ordinaires pour le chauffage et le répandage du goudron ne coûtent que 200 francs. L'entretien, les intérêts et l'amortissement ne représentent qu'un chiffre insignifiant.

Quant aux appareils de transport, ils ont consisté en tonneaux de cultivateurs qu'on a loué à raison de 0 fr. 50 par jour et que, souvent, on a obtenu gratuitement. Ces tonneaux ont une valeur de 200 francs; pour assurer les approvisionnements en temps utile, il en faudrait de deux à quatre, suivant les distances.

La valeur de l'ensemble du matériel, appareils de goudronnage compris, n'atteint donc qu'un millier de francs et ne

représente pas 0 fr. 001 par mètre carré en entretien, intérêts et amortissement pour une mise en œuvre de 150 tonnes.

Coût par mètre carré. — Le coût par mètre carré du goudronnage avec appareils ordinaires s'établit donc comme suit :

Goudron $1^k,1$ à 0,025	0,0275
Transport du goudron $1^k,1$ à 5 fr. la tonne . . .	0,0055
Main-d'œuvre	0,0057
Combustible	0,0013
Entretien et amortissement	0,0010
Total fr.	0,0410 par m^2

Ce chiffre, en réalité, n'a pas été atteint en 1909.

La quantité de goudron employée par mètre carré ne s'est pas élevée à 1 kg. 1 par mètre carré.

D'autre part, le rouleau compresseur a largement contribué aux transports dont le coût ne s'est, dès lors, pas élevé à 5 francs la tonne en moyenne.

Le chiffre de la main-d'œuvre a également été inférieur, celle-ci ayant été faite en grande partie par les cantonniers dont le travail, cependant, a été compté au taux du salaire des ouvriers.

Le chiffre porté pour la main-d'œuvre comprend le salaire de trois ouvriers pour l'époudrage alors que celui-ci a été fait presque exclusivement, et à prix moindre, par les balayeuses mécaniques.

Le chiffre porté pour l'entretien et l'amortissement du matériel présente seul quelque incertitude; seulement, comme il ne représente qu'un dizième de centime, une erreur même forte sur ce point ne peut influer que très faiblement sur le coût du travail.

Le goudronnage ordinaire est donc moins coûteux que le goudronnage mécanique.

Son fonctionnement est, en outre, mieux assuré. Jamais aucun dérangement ne se produit aux appareils, tandis que les appareils à vapeur sont sujets à des dérangements qui peuvent amener un chômage prolongé, circonstance très fâcheuse pour un travail qui doit se faire d'urgence à la faveur du beau temps.

Les appareils ordinaires sont susceptibles d'être maniés par des ouvriers ordinaires, qui se mettent en quelque sorte instantanément au courant. La goudronneuse mécanique exige un mécanicien, ouvrier coûteux qui n'est pas toujours facile à trouver et dont la défection arrête tout le travail.

Les appareils ordinaires n'occasionnent aucune entrave à la circulation, le recouvrement du goudron se faisant au fur et à mesure du répandage. Avec les appareils mécaniques, le goudron est toujours à nu sur une largeur variant de 0 à 200 mètres.

L'avantage des appareils mécaniques est d'exiger moins d'ouvriers, avantage qui perd sa valeur quand on peut, comme c'est généralement le cas, occuper les ouvriers, lorsque le goudronnage est arrêté, à d'autres travaux et notamment aux terrassements des routes.

Le goudronnage ne coûte donc plus annuellement que 0 fr. 04 environ par mètre carré, c'est-à-dire 160 francs par kilomètre pour une largeur de 4 mètres.

Cette dépense est équilibrée, sinon en totalité, du moins en grande partie, par la réduction d'usure qui est la conséquence du goudronnage.

Les chaussées goudronnées n'exigent plus de soins en été, aussi le nombre de cantonniers peut-il sans inconvénients être réduit.

La dépense à laquelle le goudronnage donne lieu ne semble pas, dans ces conditions, être un obstacle à l'application du procédé aux routes empierrées en général.

— Le procédé est-il efficace pour combattre la poussière?

Le soulèvement de la poussière que contient la chaussée, poussière recouverte par la pâte goudronneuse est rendu absolument impossible pendant tout l'été. Mais reste la poussière amenée sur cette pâte et contre laquelle celle-ci est impuissante, de même qu'elle l'est contre la poussière provenant de sa propre usure ainsi que de l'usure des pierres.

S'il s'agit d'une route à faible circulation et dépourvue d'accotements en terre, la suppression de la poussière est à peu près complète pendant tout l'été.

Il n'en est plus de même s'il s'agit d'une route avec accotements en terre ; à chaque croisement de véhicules, la terre des accotements est amenée sur la chaussée.

Il n'en est pas de même, non plus, le long d'une route à trafic intense, l'usure de la pâte et des pierres produit, en ce cas, une poussière noirâtre plus ou moins abondante.

En somme, s'il est impossible de dire que le goudronnage supprime complètement la poussière, on doit reconnaître, cependant, qu'il réalise une sérieuse amélioration. Et, étant donné qu'il réduit les frais d'entretien, la dépense à laquelle il donne lieu se trouve, pour ce double motif, amplement justifiée.

On pourrait ajouter que le long des routes fréquemment parcourues par les automobiles, le goudronnage est devenu une nécessité, en ce sens qu'il empêche absolument la désagrégation de la chaussée et la forte usure qui en résulte.

Certaines chaussées construites avec liant gras sont fort peu poussiéreuses. Si la circulation à allure rapide y est en même temps peu importante, on pourrait, en pareil cas, se dispenser de goudronner.

Il sera préférable, cependant, d'employer lors des rechargements un liant maigre et de s'astreindre au goudronnage, attendu qu'une chaussée à liant gras est boueuse en hiver, tandis qu'une chaussée à liant maigre l'est moins, et que le goudronnage a, au point de vue de la boue d'hiver, une action plutôt favorable.

— Le goudronnage ne présente-t-il pas d'inconvénients de nature à le faire rejeter?

Pour peu que la quantité de goudron ait été réduite au nécessaire et que le recouvrement ait été fait immédiatement et avec une quantité de poussière suffisante, il n'y a plus aucune entrave sérieuse à la circulation. La chaussée peut être livrée instantanément aux véhicules et aux passants.

L'influence sur les plantations est nulle ou favorable; en combattant la poussière, le goudron remédie à l'action très nuisible de celle-ci sur certaines cultures riveraines et notamment sur les herbages et le tabac.

La poussière goudronneuse n'a-t-elle pas d'action nuisible sur l'homme?

Aucune plainte à ce sujet ne s'est produite jusqu'ici de la part du public; toutefois, les médecins seuls sont qualifiés pour répondre à cette question.

M. le docteur Lagrange, oculiste à Ypres, n'a pas eu plus

de conjonctivites à soigner depuis qu'on goudronne aux environs de cette ville. Il ne conteste pas que la poussière goudronneuse soit nuisible, mais la poussière ordinaire l'est également et, comme celle-ci est beaucoup plus abondante que l'autre, peut-être aussi son action a-t-elle plus d'influence sur l'homme.

— On doit se demander, enfin, si l'exécution des goudronnages est régulièrement et pratiquement possible.

Pour qu'il soit ainsi, il faut qu'on puisse toujours se procurer à prix acceptable le goudron nécessaire.

Il ne semble pas que, sous ce rapport, il y ait des craintes à avoir pour l'avenir.

L'usage du gaz d'éclairage s'étend rapidement, non seulement dans les villes, mais encore dans les villages. En raison de la possibilité de son transport à longue distance, on peut prévoir le moment où toutes les communes en seront pourvues.

La Flandre occidentale seule fournit à l'heure actuelle plus de cinq fois la quantité de goudron nécessaire au revêtement de toutes les routes empierrées de la province.

Au besoin, l'Etat aurait toujours la ressource de produire lui-même le goudron dont il a besoin, fabrication rémunératrice, attendu que certaines usines distillent la houille en vue de l'obtention du coke et du goudron.

Le goudron des usines à gaz est, en général, susceptible d'être employé le long des routes. Ses qualités diffèrent toutefois d'une usine à l'autre : elles sont également variables dans une même usine.

Parfois, le goudron a un degré de viscosité tel qu'il ne se laisse que difficilement travailler. Le remplissage des vases et le chauffage sont lents, le répandage ne se fait qu'à dose exagérée, l'ensemble du travail n'avance guère et coûte cher. Pareil goudron procure, toutefois, une pâte épaisse, résistante et donnant les meilleurs résultats pour combattre la poussière.

Parfois, au contraire, le goudron est trop fluide, pénètre en totalité dans les joints, ne procure qu'une pâte friable, protégeant mal la pierraille et peu efficace contre la poussière.

Certains goudrons sont remplis d'impuretés : fragments de bois, de charbon, d'étoupes, etc., lesquelles obstruent continuellement les orifices et entravent le travail.

Le goudron le plus recommandable est à viscosité moyenne et dépourvu d'impuretés.

On peut rendre le goudron fluide en y introduisant de l'huile verte.

On peut se débarrasser des impuretés en le faisant passer à travers un treillis. Seulement, on s'astreint ainsi, dans l'un et l'autre cas, à un travail et à une dépense supplémentaires.

Du moment où l'on a pu s'approvisionner du goudron nécessaire, l'exécution du travail, en temps utile, devient toujours possible; il suffit de s'outiller en conséquence. Quant aux ouvriers dont on a besoin, on les trouvera très probablement ainsi qu'il a été dit précédemment et si, par impossible, il en était autrement, il suffirait d'avoir recours aux cantonniers : leur nombre dans chaque service est suffisant pour assurer les opérations.

En présence des explications qui viennent d'être données, il semble qu'on puisse prétendre que le goudronnage des routes est susceptible d'entrer dans la pratique.

Arrosages au chlorure de calcium

Les pluies continuelles ont entretenu une humidité à peu près permanente en 1909, de sorte qu'il n'a pas été possible de faire des expériences au chlorure de calcium de nature à déterminer le coût du procédé pour l'ensemble d'une saison ordinaire.

Un répandage de chlorure en poudre, à raison de 400 à 500 grammes, a été fait le 20 juillet et a subi ensuite, jusqu'à la fin du mois, des alternatives de pluie et de sécheresse. A partir du 1er août, le temps a été sec et, dès le 6 août, la poussière a apparu au droit de la section traitée.

Faut-il en conclure que la durée de l'efficacité du chlorure n'est que d'une dizaine de jours? Ce serait excessif. Il faut admettre, semble-t-il, que les pluies, même peu importantes, qui surviennent après son répandage, lui enlèvent beaucoup de son efficacité.

Une pluie d'orage survenue le 15 juillet a fait disparaître à peu près complètement le chlorure répandu le 14 juillet.

Il faudrait que le répandage fût suivi d'une série de beaux jours, de façon à permettre au chlorure de s'introduire dans

la chaussée et de former avec la poussière une pâte dure sur laquelle les eaux de pluie n'ont plus la même prise.

Un répandage fait en 1908 a eu une efficacité de un mois environ.

Il faut, en tout cas, plusieurs arrosages pour combattre la poussière pendant une saison. Or, un seul arrosage atteint déjà le prix du goudronnage (0 fr. 045 le mètre carré).

Le chlorure a été payé, en 1909, à raison de 8 francs la tonne pour 5 000 kilomètres, alors qu'une même quantité n'avait été payée l'année précédente que 6 fr. 50.

Il est vrai qu'à la suite d'observations de notre part, le fournisseur a fait savoir qu'à l'avenir, pareille quantité serait facturée à l'ancien prix. Ceci montre, cependant, que le produit n'est pas à la baisse et que son emploi en grande quantité pourrait amener une majoration de prix de nature à déprécier encore le procédé.

Si le répandage du chlorure est aisé et rapide, en revanche, ce procédé ne protège pas aussi efficacement la chaussée que le goudron et maintient parfois, notamment à l'arrière-saison, un état d'humidité nuisible pour la chaussée.

Ce procédé, jusqu'ici, n'a donc pas encore supplanté le goudronnage.

Rechargements goudronnés

Les rechargements en pierraille goudronnée effectués en 1906 le long de la route d'Ypres à Elverdinghe, moyennant un surcroît de dépense de 22 p. 100, comparativement aux rechargements ordinaires, se maintiennent toujours en excellent état, sans poussière en été et sans boue en quantité appréciable en hiver.

Depuis leur construction, ces parties reçoivent annuellement, et par endroits seulement, une très minime couche de goudron conduisant à une dépense inférieure à 0 fr. 03 par mètre carré.

La couche superficielle de goudron résiste beaucoup mieux sur les parties ainsi rechargées en pierraille goudronnée que sur les empierrements ordinaires et c'est probablement cette couche, plutôt que le goudron incorporé, qui combat efficacement la poussière et la boue. Le goudron incorporé sert surtout

à l'ancrage de cette couche en même temps qu'il rend l'empierrement imperméable.

La route d'Ypres à Elverdinghe est à faible trafic, seulement les essais ont été faits à la sortie immédiate de la ville d'Ypres, endroit où la circulation est plus forte que sur le restant de la route.

Divers rechargements ont été faits en 1907 le long de la même route et le long de celle d'Ypres à Menin, cette dernière à trafic de 150 tonnes. La plupart de ces essais n'ont pas été satisfaisants, le goudron ayant été employé en quantité trop considérable. La chaussée n'a durci que très imparfaitement; en outre, le goudron, refoulé à la surface, y a formé, en durcissant, des aspérités rendant la chaussée raboteuse.

Vers la fin de 1908, une nouvelle série de rechargements a été effectuée et cette fois uniquement sur la route d'Ypres à Menin. Ces applications ont été faites d'après des procédés différents.

Pour quelques-uns de ces rechargements, la pierraille a été chauffée sur tôles préalablement au goudronnage.

Pour d'autres, la pierraille a été mise en œuvre sans chauffage préalable et arrosée de goudron après son répandage sur la chaussée, en ayant soin, toutefois, de n'employer que de la pierraille naturellement sèche ou de différer l'arrosage jusqu'après séchage naturel de la pierraille.

La grenaille a régulièrement été chauffée sur tôles et goudronnée dans des bacs.

Les expériences de 1907 ayant montré que l'excès de goudron est nuisible, le goudronnage de la pierraille ainsi que de la grenaille s'est fait en 1908 à dose plus réduite.

Le piochage de la chaussée a été effectué de deux façons différentes :

1° Piochage partiel ne comprenant que des entailles longitudinales de quelques centimètres de largeur et distantes de 0 m. 50.

2° Piochage complet.

Le premier genre de piochage a donné lieu à une dépense de 0 fr. 036 par mètre carré et le second à une dépense de 0 fr. 156. Ces chiffres constituent des moyennes; ils varient assez sensiblement avec le degré de dureté de la chaussée à

piocher. Après plusieurs jours de pluie, la dépense est moindre.

Les rechargements goudronnés de la route d'Ypres à Menin ont donné lieu aux dépenses suivantes par mètre carré.

1° Rechargement en pierraille de porphyre 4/6 chauffée sur tôles et goudronnée avant la mise en œuvre; piochage partiel de la chaussée.

Fourniture de pierraille de porphyre 4/6 $0^{m^3},067 \times 14^{fr}$, »	0,938
Fourniture de grenaille de porphyre $0^{m^3},018 \times 8^{fr}$, » . .	0,146
Goudron pour la pierraille $56^k \times 0,067 \times 0,03$	0,113
Goudron pour la grenaille $64^k \times 0,018 \times 0,03$	0,035
Bois de chauffage pour la cuisson du goudron et le chauffage de la pierraille et de la grenaille (bois provenant de l'élagage des plantations de l'État)	0,025
Piochage et réparation des pioches	0,036
Main-d'œuvre pour le chauffage et le goudronnage de la pierraille $0^{m^3},067 \times 1^{fr},72$ ($0^{fr},30$ l'heure)	0,115
Main-d'œuvre pour le répandage de la pierraille goudronnée $0^{m^3},067 \times 0,72$.	0,048
Main-d'œuvre pour le chauffage, le goudronnage et le répandage de la grenaille $0,018 \times 1,42$.	0,026
Cylindrage :	
Charbon et eau pour le rouleau compresseur	0,030
Salaire du mécanicien.	0,028
Entretien et amortissement du rouleau.	0,050
Total fr.	1,590

Un rechargement ordinaire de même importance donnerait lieu à la dépense suivante :

Fourniture de pierraille de porphyre 4/6 $0,067 \times 14^{fr}$,. .	0,938
Mise en œuvre de la pierraille $0,067 \times 0,40$	0,029
Achat de matière liante $0,018 \times 7,50$	0,135
Piochage et réparation des pioches	0,036
Mise en œuvre de la matière liante	0,010
Cylindrage :	
Charbon et eau pour le rouleau compresseur	0,030
Salaire du mécanicien.	0,028
Eau d'arrosage	0,050
Entretien et amortissement du rouleau.	0,050
Total fr.	1,306

Le goudronnage occasionne donc une majoration de dépense de 1,590 — 1,306 = 0,284 ou 22 p. 100.

2° Même rechargement goudronné mais avec piochage complet de la chaussée.

Piochage et réparation des pioches	0,156
Autres postes	1,554
Total fr.	1,710

Pour un rechargement ordinaire, la chaussée devant tout au plus être piochée partiellement, il convient de comparer le chiffre ci-dessus au chiffre de 1.306, représentant le coût du rechargement ordinaire avec piochage partiel.

On obtient ainsi une majoration de 31 p. 100.

3° Rechargement avec pierraille de porphyre 4/6 non chauffée, goudronnée après étendage sur la chaussée et après piochage partiel de celle-ci.

Fourniture de pierraille de porphyre 4/6 0,067 × 14,00 .	0,938
Fourniture de grenaille de porphyre 0,018 × 8,00. . . .	0,146
Goudron pour la pierraille 34^{k} × 0,067 × 0,03	0,068
Goudron pour la grenaille 64^{k} × 0,018 × 0,03	0,035
Bois pour cuisson du goudron et chauffage de la grenaille	0,020
Piochage et réparation des pioches	0,036
Mise en œuvre de la pierraille 0,067 × 0,40	0,027
Main-d'œuvre pour arrosage au goudron de la pierraille y compris le chauffage du goudron	0,030
Mise en œuvre de la grenaille 0,018 × 1,42	0,026
Cylindrage (comme plus haut)	0,108
Total fr.	1,429

Soit une augmentation de 1.429 — 1,306 = 0,123 ou 9,5 p. 100 sur le coût du rechargement ordinaire correspondant.

4° Même rechargement goudronné mais avec piochage complet de la chaussée.

Piochage et réparation des pioches	0,156
Autres postes.	1,393
Total fr.	1,549

Soit une augmentation de 1.549 — 1,306 = 0,243 ou 19 p. 100 sur le coût du rechargement ordinaire correspondant, mais avec piochage partiel de la chaussée.

Le tableau suivant indique la façon dont ces rechargements se comportent.

Route.	Emplacement.	Époque des rechargements.	Mode de séchage de la pierraille.	Mode d'incorporation du goudron.	Piochage.	Situation en octobre 1909.
YPRES à MENIN	2458-2497	octobre et novembre 1908.	chauffage sur tôles	en bac (10 °/₀ de brai)	partiel	très bonne
	2497-2571		naturel	arrosage après répandage	id.	id.
	2571-2620		ch. sur tôles	en bac	id.	id.
	2620-2718		naturel	arr. après répand.	complet	satisfaisante
	2955-2965		id.	id.	partiel	id.
	3005-3058		id.	id.	complet	id.
	3058-3097		id.	id.	partiel	laisse à dés.
	8339-8399		ch. sur tôles	en bac	complet	id.
	8399-8481		naturel	arr. après répand.	partiel	satisfaisante
	8481-8712		ch. sur tôles	en bac	id.	très bonne

Il résulte de ce tableau que les divers procédés ont donné tantôt de bons résultats, et tantôt des résultats laissant à désirer; il n'y a, par conséquent, pas de conclusions bien précises à tirer de ces essais.

Le procédé le plus simple : chauffage naturel avec arrosage après répandage et moyennant piochage partiel, a donné de très bons résultats en un seul cas.

Ce procédé augmente la dépense de 9,5 p. 100.

Le procédé plus complet comprenant le chauffage et goudronnage préalable de la pierraille et piochage partiel, a donné de très bons résultats dans trois cas.

Le même procédé avec piochage complet n'a pas conduit à de bons résultats et, cependant, on ne saurait contester que le piochage complet est supérieur au piochage partiel; tout au plus pourrait-on admettre que celui-ci est suffisant.

Ces divers rechargements ont reçu, en 1909, une légère couche de goudron et ont jusqu'ici donné de bons résultats au point de vue de la réduction de la poussière et de la boue.

Ces applications montrent qu'on peut, le long d'une chaussée à trafic pondéreux important, réaliser des rechargements goudronnés donnant toute satisfaction, mais que la réussite semble dépendre de circonstances encore mal définies.

Certes, les procédés spéciaux appliqués par des entrepre-

neurs possédant un outillage important et perfectionné, conduisent à des résultats plus certains; seulement, ils donnent lieu à une dépense qui, dans la plupart des cas, leur enlève tout mérite.

5º Rechargement en bois.

Le bois étant utilisé pour les chaussées pavées, on peut se demander si, débité en fragments, il ne pourrait convenir pour les chaussées avec couverture en petits matériaux, en l'employant, bien entendu, concurremment avec le goudron, qui aurait pour mission d'en retarder la décomposition en l'imprégnant de matières antiseptiques, et de former à la surface, une couche dure le protégeant contre l'action des roues.

Le bois ne se pulvérisant pas comme la pierre, il semble que pareilles chaussées seraient exemptes de poussière et de boue.

Certes, il ne faut pas s'attendre à voir un rechargement en bois durer plus longtemps qu'un rechargement en pierre; aussi, si le bois ne pouvait être obtenu, ce qui paraît à priori être le cas, à peu près au prix de la pierre, les essais, dans ce sens, perdraient de leur intérêt.

Les bois du commerce reviendraient certainement à un prix trop élevé. Seulement, il se fait que l'Etat vend annuellement à vil prix les bois d'élagage de ses plantations, parmi lesquels se trouvent nombre de branches de certaine épaisseur. En général, c'est du bois d'orme, bois plus dur que le sapin, qu'on emploie ordinairement pour les pavages en bois.

Un essai a été fait le long de la route d'Ypres à Menin, sur quelques mètres de longueur. Les plus fortes branches trouvées parmi les bois d'élagage ont été écorcées et débitées en fragments de 0 m. 06 à m. 08 de côté, lesquels ont été séchées sur tôles et trempées pendant deux à trois heures dans du goudron bouillant.

Après avoir pioché complètement la chaussée, on y a étendu les fragments de bois en couche de 0 m. 06 à 0 m. 08 d'épaisseur. Cette couche a été cylindrée au rouleau compresseur à vapeur, puis recouverte d'une couche de 0 m. 02 environ de grenaille de porphyre goudronnée et cylindrée à son tour.

Ce rechargement a fait prise plus difficilement qu'un rechargement en pierre, cela provient de ce que les fragments étaient généralement cylindriques ou semi-cylindriques.

Ce rechargement s'est bien comporté jusqu'à présent. Il n'a pas été boueux l'hiver dernier et s'est laissé goudronner super-

ficiellement aussi facilement qu'un empierrement ordinaire.

Toutefois, l'enchevêtrement des fragments est moins parfait que celui des fragments pierreux et il ne saurait en être autrement, en raison de la forme cylindrique des premiers. Un certain nombre de fragments de surface se laissent enlever à la main; cependant, sous l'action du roulage, il n'y a ni déplacement de matériaux ni désagrégation de la chaussée.

La construction date d'un an et on n'a constaté, jusqu'ici, aucune trace sérieuse d'usure.

Le fractionnement ayant dû être fait à la main, le travail a évidemment été coûteux. Mais, pour un travail de quelque importance, il conviendrait de le faire à la machine et, dans ce cas, pareil rechargement coûtera moins qu'un rechargement en pierre ordinaire et à plus forte raison, qu'un rechargement goudronné.

Un essai de rechargement en bois avec fractionnement mécanique est en voie d'exécution.

Les vieilles billes de chemin de fer conviendraient probablement fort bien pour les rechargements dont il s'agit.

Octobre 1909

Eugène FROIDURE et R. VERSTRAETE

66563. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ERRATA

Page 1	Lignes 12 et 13	*au lieu de* : Reprochait, *lire* : reprochaient.
— 3	— 5	*au lieu de* : Sable gras, *lire* : gros sable.
— 4	— 27	*au lieu de* : fréquente, *lire* : fréquentent.
— 5	— 28	*supprimer le mot* : aussitôt.
— —	— 35	*au lieu de* : Nous attribuons cette cause à la disparition.... *lire* : Nous attribuons à cette même cause la disparition.
— 6	— 1	*au lieu de* : Béton, *lire* : goudron.
— 8	— 17	*au lieu de* : de la, *lire* : en.
— 9	— 4 et 5	*au lieu de* : deux ou trois pavés contigus provenant des rangées transversales successives et créant ainsi.... *lire* : deux ou trois pavés contigus des rangées transversales successives, créant ainsi....
— 11	— 7	*au lieu de* : en pareil cas, *lire* : même en pareil cas.
— —	— 8	*au lieu de* : particulièrement possible, *lire* : pratiquement possible.
— 13	— 12	*au lieu de* : un cheval, *lire* : le cheval.
— 14	— 17	*au lieu de* : plus onéreux, *lire* : peu onéreux.
— 31	— 29	*au lieu de* : séchées, *lire* : séchés.
— —	— 30	*au lieu de* : trempées, *lire* : trempés.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[e] CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

EMPLOI DE LIANTS DANS LA CONSTITUTION DES CHAUSSÉES EMPIERRÉES

EMPLOI DE BANDES DE ROULEMENT DANS LES CHAUSSÉES PAVÉES

PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

RAPPORT

PAR

P. KARAKOULAKOFF
Ingénieur, Chef de Section des Ponts et Chaussées
au Ministère des Travaux publics
Sofia

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

LES CHAUSSÉES DU ROYAUME DE BULGARIE

1. — *Aperçu historique.*

Le royaume de Bulgarie, d'une superficie de 99 276 kilomètres carrés, qui s'est affranchi en l'an 1878 et compte actuellement environ 4 000 000 d'habitants, a hérité de la Turquie d'un réseau de routes s'étendant approximativement sur 2 000 kilomètres de longueur, dont l'état laissait à désirer tant au point de vue de la construction que du tracé. Afin d'éviter des contrées peu sûres, exposées aux méfaits des brigands, et également afin de plaire à certaines populations qui ne désiraient pas, à cette époque, voir passer les routes par leurs agglomérations, les autorités techniques de nationalité turque ont établi jadis des chemins de communication passant souvent en ligne directe et traversant des crêtes de partage sans se préoccuper des déclivités trop fortes ni des courbes que réalisait leur profil en long. Il s'ensuit que la plupart des routes construites du temps des Turcs ne répondent pas aux conditions réclamées par les nécessités d'un trafic convenable et aisé. Le mode de construction de ces routes était, en outre, peu rationnel et peu conforme aux exigences techniques ; le personnel dirigeant n'était pas préparé à la conduite de travaux de cette espèce, et ceux-ci ne s'effectuaient pas d'une façon systématique. La main-d'œuvre nécessaire à l'entretien des chemins devait être renforcée, tout en étant mal répartie et distribuée sans jugement, ce qui contribuait davantage encore à l'exécution d'un travail mal conditionné. Ensuite, les ouvrages d'art n'avaient, le plus souvent, qu'un caractère provisoire ; leur nombre était d'ailleurs limité, et on n'en établissait qu'aux points où le passage était très difficile, sinon

impossible. On contournait ou on traversait à gué les petits ruisseaux, et même des rivières et cours d'eau d'une certaine importance, pour éviter la construction de ponts.

Le Gouvernement Bulgare, qui a succédé au Gouvernement Turc, a continué à appliquer, pendant les premiers temps, le système adopté par ce dernier, tout en prévoyant au budget des crédits spéciaux, mais peu importants, il est vrai, pour l'établissement de ponts et d'autres ouvrages d'art. Les résultats obtenus ne furent pas très appréciables au début ; l'Etat devait, en effet, veiller premièrement à asseoir son organisation intérieure sur une base solide, et il ne lui était donc pas possible d'accorder un intérêt particulier aux routes. Le manque de personnel technique a retardé ensuite l'organisation d'un système de construction et celle de l'Administration des routes.

2. — *Construction, surveillance et administration.*

La première loi relative aux routes, celle de la police des chemins de communication, a été promulguée, en Bulgarie, en mars 1883 ; elle fixait le mode de surveillance à appliquer aux routes existantes et les mesures à prendre à ce sujet. Une autre loi, relative à la construction, à la réfection et à l'entretien des routes, date du 3 avril 1883 ; elle réglait les questions techniques se rapportant à la construction des routes. Ces deux lois servirent d'entrée en matière. Ce n'est que dix ans plus tard, le 17 janvier 1894, qu'une loi complète fut promulguée, concernant les routes de Bulgarie, pour coordonner les prescriptions édictées par les deux premières lois et pour classer les divers genres de routes.

Cette loi divise les routes en trois classes : les routes de l'Etat, les routes provinciales et les routes communales.

Les ressources destinées à leur construction provenaient : 1° des impôts à acquitter par tout citoyen bulgare âgé de 21 à 55 ans, soit en argent, soit en journées de prestation, à savoir 4 francs ou deux jours de travail par an ; 2° des sommes inscrites au budget courant ; 3° de subsides d'importance diverse alloués par les Conseils provinciaux.

Les routes de l'Etat étaient administrées par le Gouvernement, tandis que les routes provinciales et les chemins communaux dépendaient des Conseils provinciaux. Mais ceux-ci ne

réussirent pas à organiser les services de voirie sur une base convenable et ne parvinrent pas à mettre le bon ordre dans la répartition des dépenses ; force fut, en l'an 1900, de modifier la loi existante, de façon à ne diviser les routes qu'en deux classes, celles de l'Etat et les routes communales, et à placer ces dernières sous la surveillance directe et sous la direction du Ministère des travaux et des voies de communication. Les routes provinciales furent rangées parmi les routes de l'Etat, et les Conseils provinciaux n'eurent plus à s'en occuper. En l'an 1904, la loi fut amendée de façon à faire servir les ressources provenant des impôts encaissés sur les routes communales à la constitution d'un fonds destiné à faire face aux frais de personnel, de tracé, de construction et d'entretien sur les routes de cette catégorie ; la nouvelle loi accorde ensuite au personnel de ces routes les mêmes droits qu'aux agents de l'Etat.

En vertu de cette loi, il est pourvu aux frais de construction et d'entretien des routes de l'Etat (article 8) au moyen :

1° Des recettes provenant des impôts perçus sur les routes de l'Etat ;

2° Des crédits inscrits tous les ans au budget de l'Etat ;

3° Et de crédits prévus par les Conseils provinciaux et se montant à 25 p. 100 des recettes inscrites dans leur budget.

Les ressources servant à la construction et à l'entretien des routes communales (art. 9) comprennent :

1° Les recettes des impôts perçus sur les chemins communaux ou leur équivalent en jours de prestation ;

2° Les crédits inscrits aux budgets communaux ;

3° Les crédits prévus par les Conseils provinciaux ;

4° Et les subsides accordés par l'Etat.

Mais les prescriptions de la loi sur cette matière n'ont pas été suivies et les impôts perçus ne furent pas consacrés aux routes de l'Etat ; leur montant (400 000 francs environ) fut versé dans les caisses de l'Etat et, en revanche, l'on inscrivit une somme de 1 à 2 millions de francs au budget.

En l'an 1909, ce crédit fut augmenté par l'Etat et porté à 2 500 000 francs. Il s'élève à 3 500 000 francs pour l'exercice courant ; cette somme est destinée à couvrir les dépenses de cons-

---

(1) En l'an 1906, l'Etat a effectué un emprunt de 19.000.000 francs garanti par les impôts prélevés sur les routes et on a construit depuis 800 kilomètres environ de routes, y compris les ouvrages d'art, administrées par l'Etat.

truction et d'entretien des routes de l'Etat et de leurs ouvrages d'art.

Les subventions accordées par les Conseils provinciaux sont minimes ; celles des communes sont presque nulles.

Les crédits destinés aux chemins communaux ont été majorés, et alors qu'on ne disposait d'aucun subside avant 1900, ces routes sont actuellement en plein développement.

Les tableaux 1 et 2 ci-après font connaître la situation à la fin de 1908 des routes de l'Etat et celle des chemins communaux.

On exécute actuellement, sur toutes les routes, de solides ouvrages d'art de toutes dimensions, en pierre, en fer et en béton armé. Le bois n'est employé que pour les ponts qui revêtent un caractère provisoire.

Le royaume de Bulgarie est partagé en 12 départements. Dans chacun de ces départements, il existe un Ingénieur départemental assisté par un certain nombre d'Ingénieurs, de Conducteurs et d'autres agents. Chaque département comprend des districts, à la tête desquels est placé un Ingénieur de district secondé par le personnel nécessaire, sous la direction générale de l'Ingénieur départemental. Ce dernier est responsable devant le Ministère des travaux et des voies de communication (direction générale des routes et ouvrages d'art relatifs à celles-ci). Le personnel spécifié ci-dessus a, dans ses attributions, les travaux de construction et de réfection, ainsi que la surveillance des routes de l'Etat et des chemins communaux, entretenus et placés sous la surveillance immédiate des cantonniers (en moyenne un cantonnier pour 7 kilomètres de routes).

L'organisation de l'Administration des routes de Bulgarie est semblable à celle de la France.

3. — *Construction des routes.*

Le revêtement des chaussées est établi, en Bulgarie, sur une fondation en moellons de 15 à 20 centimètres d'épaisseur, dont les pierres sont placées par la base sur le sol. Cette fondation est toujours posée sur un sol bien aplani et convenablement comprimé au rouleau, sans interposition de couche de sable. L'épaisseur de la fondation varie avec la nature du sol. Sur terrain ferme, la fondation est faite, pour des raisons économiques, en pierre concassée au lieu d'être composée de moellons bruts.

TABLEAU 1

SITUATION DES ROUTES DE L'ÉTAT DU ROYAUME DE BULGARIE A LA FIN DE 1908 ET DÉPENSES SE RAPPORTANT A CETTE ANNÉE

Désignation des départements	ROUTES ACHEVÉES							PONTS ET AQUEDUCS					MAISONS DE GARDE				ROUTES en cours d'exécution et routes projetées		OBSERVATIONS
	État des routes.				Dépenses en l'an 1908			Construits			Dépenses		Construites		Dépenses en l'an 1908				
	Bon	Passable	Mauvais	Totaux	Pour de nouvelles routes et des routes réfectionnées	Pour l'entretien normal des routes.	Dépenses extraordinaires	Jusqu'en 1908	En 1908	Totaux	Pour de nouveaux ouvrages construits en 1908	Pour des travaux d'amélioration en 1908	Anciennes.	Nouvelles	Pour les nouvelles constructions	Pour l'entretien des anciennes constructions	Routes en cours d'exécution	Routes dont le tracé est fait.	
	Kilomètres				Francs						Francs				Francs		Kilomètres		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1. Burgaso	137,6	78,9	77,8	294,3	264.192	13.335	2.363	400	76	476	245.565	7.388	23	7	18.227	145	53,0	94,6	
2. Varna	157,7	64,6	80,0	302,3	323.825	28.665	7.100	329	34	363	54.986	670	7	2	9.988	—	33,2	75,9	
3. Widin	168,5	109,1	84,4	362,0	384.749	127.421	28.961	438	26	464	74.002	46.221	8	13	40.982	1.720	33,0	16,9	
4. Wratza.	95,1	162,3	103,4	360,8	264.445	24.335	1.095	450	13	463	68.551	1.699	3	—	—	80	108,3	26,1	
5. Küstendil . . .	111,2	49,0	114,7	304,9	173.626	38.272	1.879	548	7	555	43.310	8.179	4	—	—	—	25,7	44,5	
6. Plovdio.	257,5	274,7	172,5	704,7	851.433	56.856	4.092	955	91	1046	255.187	12.606	28	3	12.280	1.208	201,7	54,5	
7. Plevna.	222,2	316,6	107,5	646,3	139.529	47.618	14.953	814	26	846	112.376	11.717	15	—	—	2.298	98,0	66,0	
8. Roustchouk . .	164,6	143,2	135,8	443,6	27.772	21.580	20	400	—	400	8.640	313	23	5	19.611	500	74,5	37,6	
9. Sofia.	159,1	243,3	451,5	853,9	359.254	108.202	47.042	1415	83	1498	146.636	49.625	20	—	—	894	18,7	42,0	
10. Stara-Zagora . .	187,8	188,1	155,2	531,1	612.272	45.880	2.790	711	13	724	28.868	18.172	13	1	3.220	828	21,3	83,7	
11. Tirnovo	142,3	381,5	288,1	811,9	42.561	70.543	15.312	1554	12	1566	19.796	17.747	7	2	7.415	1.050	39,6	51,0	
12. Schoumla . . .	116,3	135,0	67,9	319,2	139.225	25.738	2.946	393	19	412	58.550	29.118	11	1	—	1.156	39,3	16,7	
Totaux. . . .	1919,9	2176,3	1858,8	5935	5.382.874	608.445	128.553	8407	400	8807	1.116.467	205.455	162	34	111.725	9.878	786,1	548,1	

TABLEAU 2

ÉTAT DES ROUTES COMMUNALES DU ROYAUME DE BULGARIE A LA FIN DE 1908 ET DÉPENSES SE RAPPORTANT A CETTE ANNÉE

Désignation des Départements	ROUTES ACHEVÉES							PONTS ET AQUEDUCS					MAISONS DE GARDE				Routes en cours d'exécution et routes projetées		OBSERVATIONS
	État des routes				Dépenses en 1908			Construits			Dépenses		construites		Dépenses en l'an 190......				
	Bon	Passable	Mauvais	Totaux	Pour de nouvelles routes et des routes réfectionnées	Pour l'entretien normal des routes	Dépenses extraordinaires	Jusque 1908	en 1908	Totaux	Pour de nouveaux ouvrages en 1908	Pour travaux d'amélioration en 1908	Anciennes	Nouvelles	Pour les nouvelles constructions	Pour l'entretien des anciennes constructions	En cours d'exécution	Dont le tracé est fait	
	Kilomètres				Francs						Francs				Francs		Kilomètres		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1. Burgaso	21,6	0,5	1,0	23,1	504.741	—	1.861	67	17	84	23.215	1.555	1	1	2.638	—	39,5	196, 9	
2. Varna	10,4	1,5	—	11,9	30.928	2.661	—	18	1	19	7.848	—	—	—	—	—	10,0	55, 4	
3. Widin.	39,9	18,8	17,0	71,7	157.208	5.600	1.050	93	28	121	54.386	—	—	5	11.597	—	56,2	201, 6	
4. Wratza	24,8	53,9	36,0	114,7	—	705	5	104	11	115	1.835	900	—	—	—	—	256,4	106, 2	
5. Küstendil . . .	28,5	14,0	3,6	45,9	30.659	—	500	142	1	143	27.516	1.521	—	—	—	—	59,2	67, 2	
6. Plovdiv. . . .	28,4	111,5	57,0	196,9	61.105	7.400	3.600	252	21	273	49.678	1.200	—	—	—	—	129,7	150, 7	
7. Plevna.	97,7	46,5	56,5	200,7	9.623	7.325	—	454	49	503	51.727	4.689	—	—	—	—	176,0	250, 6	
8. Roustchouk . .	26,4	31,0	26,2	83,6	40.243	5.160	8	65	—	65	6 982	—	3	—	—	—	91,5	75, 4	
9. Sofia.	97,4	169,5	142,9	409,8	24.672	22.062	—	721	15	736	2.000	10.959	—	—	—	—	414,9	105, 5	
10. Stara-Zagora . .	41,9	31,0	39,6	112,5	75.421	—	—	57	31	88	51.655	619	1	1	1.691	—	271.8	250, 5	
11. Tirnovo	69,2	104,5	113,2	286,9	58.785	7.361	2.443	579	10	589	30.248	1.294	2	—	—	322	404,0	116, 5	
12. Schoumla . . .	34,9	54.4	8.0	77.5	51.956	—	75	181	5	184	5.600	1.000	—	—	—	—	153,1	53, 4	
Totaux. . . .	520,9	613,1	501,0	1635.0	805.559	57.274	9.542	2713	207	2920	10.668	23.717	7	5	14.435	522	236,2	1585, 7	

On étend sur la fondation une couche de pierre concassée ou de gravier de 15 à 20 centimètres d'épaisseur. La pierre concassée a de 4 à 6 centimètres de grosseur (suivant sa composition). Lorsque le revêtement en pierre concassée ne repose pas sur une couche de fondation, son épaisseur varie de 20 à 35 centimètres, suivant la consistance du sol. Finalement, on répand sur l'empierrement, après achèvement du cylindrage, une couche de sable de 2 à 4 centimètres d'épaisseur ou une couche de même épaisseur de pierraille de petites dimensions, que l'on soumet à un nouveau cylindrage.

Le cylindrage des routes a été effectué jusque vers le milieu de l'an dernier, à l'aide de rouleaux compresseurs traînés par chevaux. Mais, par suite de la dificulté de la manipulation et du poids relativement faible des rouleaux, le cylindrage ne s'opérait pas dans de bonnes conditions. Il était, notamment, difficile de se procurer des bêtes de trait, la population craignant que celles-ci n'eussent les pieds endommagés en parcourant les revêtements raboteux et inégaux à cylindrer. C'est là également la raison pour laquelle on ne pouvait procéder à la compression des rechargements de pierraille, et ce soin fut laissé au roulage. Le point critique des routes bulgares résidait principalement dans le défaut de cylindrage.

On a fait l'acquisition, l'an dernier, pour les routes de l'Etat et pour les chaussées communales, de rouleaux compresseurs à vapeur ; leur nombre était de 45 vers le milieu de l'année courante, et il augmentera tous les ans de 15 à 20 unités, de façon à remédier insensiblement à l'insuffisance du cylindrage.

Les matériaux pierreux employés dans la construction des ouvrages d'art n'ont pas toujours été de première qualité, les moyens dont on disposait ne permettant pas de s'approvisionner de matériaux convenables aux points où ceux-ci manquaient. Jusqu'à l'an dernier, les sommes consacrées à l'entretien et à la construction des routes ont varié entre 100 et 150 francs en moyenne par kilomètre et par an.

Les routes établies dans le courant des dernières années, ont reçu des largeurs exagérées qui ne répondaient ni aux besoins, ni aux ressources financières disponibles. Les dimensions adoptées ont donc été réduites dans ces derniers temps, et actuellement, les routes nouvelles et les routes à réfectionner reçoivent une largeur moindre. On donne d'ordinaire 8 mètres de largeur aux routes de l'Etat ; cette dimension est portée à 10 mètres

dans des cas exceptionnels, lorsque le trafic est très intense, et elle est réduite, au contraire, à 5 mètres, lorsqu'il s'agit de traverser des contrées où la circulation est peu active et où le terrain est très accidenté. La largeur normale des chemins communaux est de 6 mètres, et on la réduit d'autres fois à 3 m. 50.

La largeur des accotements varie de 0 m. 50 à 2 m. 50.

On rencontre rarement, en Bulgarie, un sable propre aux travaux de voirie ; il est généralement trop fin et provient des rivières et carrières. Des expériences faites récemment avec de la fine pierraille ont donné de bons résultats.

On a procédé également à la construction de maisons de garde à l'usage des cantonniers, en établissant une habitation par 7 kilomètres de longueur de route.

4. — *Entretien des routes.*

Faute de ressources suffisantes, l'entretien des routes est peu satisfaisant. Ce travail est effectué par les cantonniers ou par des ouvriers payés à la journée. Les travaux de réfection sont confiés à des entrepreneurs. Le rechargement de pierraille se fait généralement sur l'ancien revêtement, après avoir soumis ce dernier à un piochage préalable et avoir procédé à son aplanissement dans le but de mieux relier l'ancien empierrement à la nouvelle couche de pierraille.

Pour l'entretien des routes, on a recours au procédé des emplois partiels en constituant le rechargement par une couche de pierraille de 10 centimètres d'épaisseur, dont les divers éléments ont de 2 à 3 centimètres de grosseur en tous sens. Les rechargements généraux ne sont usités que pour d'importants travaux de réfection.

Comme l'entretien, auquel on procédait au début, n'était ni régulier ni méthodique, et que le système même de construction laissait également à désirer, les détériorations des routes étaient fréquentes et se produisaient d'une façon très inégale ; en conséquence, le système des emplois partiels fut appliqué aux parties peu endommagées et le système des rechargements généraux aux tronçons de route fortement usés et ayant subi de fortes détériorations.

Faute de rouleaux compresseurs à vapeur, les rechargements de pierraille n'étaient pas toujours cylindrés lors de la répara-

tion de la route, ce travail ne pouvant guère être effectué par traction animale, par suite de pénurie de chevaux ; on devait donc fréquemment renoncer au cylindrage et laisser au roulage le soin de comprimer la pierraille. Lorsque les conditions atmosphériques ne s'y prêtaient pas, ce système, loin d'être propice, a donné plutôt des résultats défavorables. L'acquisition de rouleaux compresseurs à vapeur a permis de régler l'entretien et la réfection des routes d'une façon méthodique et rationnelle, et l'on doit s'attendre à voir commencer, pour l'entretien des routes de Bulgarie, une ère nouvelle, étant donné que, d'une part, les nouveaux moteurs permettent d'atteindre chez nous, comme partout ailleurs, les meilleurs résultats, et que, d'autre part, l'entretien des routes se trouve également amélioré et perfectionné non seulement par la qualité du travail, mais encore par celle des matériaux mis en œuvre.

Les matériaux d'agrégation sont l'objet d'une attention spéciale, et on emploie le plus souvent à cet usage ceux qui, de par leur nature, répondent à celle de l'empierrement. On emploie généralement des matériaux menus de même nature que la pierraille de la route.

Les difficultés inhérentes à l'entretien des routes se trouvent encore aggravées, en Bulgarie, par la façon non encore suffisamment disciplinée dont se comporte la population des campagnes, qui endommage les routes bien plus que ne le font les conditions atmosphériques et la circulation.

5. — *Lutte contre l'usure et la poussière.*

Il n'y a, jusqu'ici, rien de particulier à signaler dans ce domaine pour la Bulgarie. Les Ingénieurs qui ont les routes dans leurs attributions consacrent tous leurs efforts à améliorer les voies qui laissent à désirer, en faisant choix de matériaux résistants et ne se réduisant pas trop aisément en poussière.

Les ressources disponibles étaient minimes et sont encore actuellement trop limitées pour prendre des mesures autres que celles du balayage des routes, de l'enlèvement des pierres désagrégées de leur surface et aussi de la réparation des parties ravinées par les pluies.

Dans l'état actuel des choses, on ne peut songer dans le pays au goudronnage des routes ; le prix de revient du goudron à

importer de l'étranger est de 20 à 35 francs les 100 kilogrammes, et son emploi rendrait l'entretien trop onéreux.

Le pays produit du goudron végétal, mais en quantités insuffisantes et au prix minimum de 20 francs les 100 kilogrammes. La Bulgarie, qui n'est pas un pays industriel, ne dispose d'aucun autre moyen d'entretien à l'heure actuelle.

Le pays continuera donc à appliquer à l'entretien de ses routes, les moyens usuels en vigueur, à savoir : l'emploi de matériaux de bonne qualité tant pour la constitution des empierrements que pour les liants, complété par le balayage et par l'enlèvement des poussières et des boues, ainsi que par l'arrosage.

P. KARAKOULAKOFF.

(Trad. FAIRON.)

66105. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

VINCENT SANCHIS
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
à Valence

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

VOIES MÉTALLIQUES

POUR VÉHICULES ORDINAIRES

Tous les facteurs qui interviennent dans la conservation des chaussées construites d'après la méthode Mac-Adam, sont défavorables à Valence (Espagne): le climat est ou très humide pendant l'époque des pluies, ou très chaud en été, au point de réduire en poussière les matériaux d'entretien; le sous-sol est mou et provoque parfois des effondrements de la chaussée; le terrain n'a pas de pente pour permettre l'écoulement des eaux de la route dans le sens longitudinal; la pierre est tendre, et pour en avoir de dure, il faut la faire venir de 15 kilomètres en moyenne; finalement, la circulation est si considérable, que la fréquentation moyenne journalière observée sur la route du Grao à Valence, pendant les vingt dernières années, a atteint 232 voitures et 3 362 chariots la plupart chargés.

Toutes les raisons qui viennent d'être exposées provoquent un état médiocre des chaussées, quand il n'est pas mauvais, sur toutes les routes qui conduisent à la ville : ces effets s'étendent à l'intérieur d'un cercle de 10 kilomètres de diamètre, et on ne peut éviter une pareille situation, malgré le zèle et l'intelligence des techniciens chargés de l'entretien des routes, ni les ressources que chaque année on affecte à ce service et qui, dans certains endroits, s'élèvent jusqu'à 10 000 piécettes par kilomètre.

Il a fallu, pourtant, étudier un autre système de pavage mieux approprié aux circonstances et, notamment, pour la route de Grao à Valence, la plus importante, par sa circulation, de toutes celles du département; c'est au Directeur des routes municipales, M. Casimir Meseguer, que revient l'honneur d'avoir proposé et installé la double voie métal-

lique existante, premier exemple de ce système en Espagne, et peut-être à l'étranger, et il est regrettable qu'on n'en connaisse pas d'autre application.

Cette voie, établie en juillet 1892, est en service depuis, sans interruption et avec grand succès.

Les quatre premières figures donnent la disposition générale des voies et les détails relatifs aux parties métalliques.

Comme les véhicules de la localité ont en moyenne 1 m. 24 d'empatement, ce chiffre a été la largeur adoptée pour la voie, largeur moyenne entre les axes des rails.

Ceux-ci sont en acier Bessemer et sont formés de deux fers en U renversés, réunis entre eux par des boulons, et les uns aux autres au moyen d'éclisses, suivant la figure 3.

La largeur de la voie est maintenue constante au moyen de fers plats munis d'entailles dans lesquelles viennent se loger des coins en acier.

Ce système offre de grands avantages. Les rails, par leur dureté et leur rigidité, constituent une surface de roulement de faible résistance au mouvement en avant, et procurent un roulement doux et commode pour les voyageurs.

On sait que l'effort de traction est proportionnel aux chiffres 1, 1,20, 4 et 6, selon que l'on traite des chemins de fer de chaussées dallées, pavées ou empierrées.

Avec les voies métalliques, on n'a pas fait d'essais de traction; mais les résultats doivent être intermédiaires entre les deux premiers cas précités, et nous pouvons affirmer qu'elles réduisent mieux qu'aucun autre pavage l'effort de traction et les frais de transport des marchandises qui, des centres de production, sont conduites aux marchés.

Les frais d'entretien des routes dotées de voies métalliques sont restreints. Il suffit de rappeler que sur le chemin du Grao, on dépensait par an, avant 1892, 35 000 piécettes, et que cette dépense, depuis l'établissement des voies métalliques, ne dépasse pas 3 000 piécettes. Une telle économie a déjà permis d'amortir les 352 343,60 piécettes qu'a coûté l'installation des dites voies, et qui dureront plus d'un siècle, puisque l'usure moyenne annuelle des rails est seulement 0,0001 de mètre, d'après des mesures faites avec soin.

Le passage sur voies métalliques, se fait d'une façon régulière et ordonnée; les véhicules chargés s'y mettent chacun à son tour, les uns derrière les autres, en montant et en

descendant; les véhicules vides, les voitures de voyageurs et les autos circulent sur la partie centrale de la chaussée, libre de voies métalliques, en exécutant leur parcours à grande vitesse, sans provoquer, à aucun moment, les embarras habituels aux routes très fréquentées où les véhicules suivent des trajectoires arbitraires qui gênent la circulation et parfois, constituent de véritables dangers.

Le principal inconvénient que l'on peut reprocher aux voies que nous étudions, est leur prix de revient élevé.

Le kilomètre de voie simple est revenu à 62 650 piécettes correspondant, pour 44 100 piécettes, à l'acquisition du matériel métallique pour 15 300 piécettes à l'ouverture de l'encaissement et du pavage; pour 3 250 piécettes à l'assiette de la voie.

Parmi ces chiffres, le premier est excessif à cause du fort poids, 70 kgr. 80, donné au mètre courant de rails, alors que les rails type Govaw, Broca et Hartman, etc. ne dépassent pas 45 kilogrammes pour la même longueur.

Le pavage de l'entrevoie n'est pas nécessaire et il convient de le réduire à une bande intérieure adossée à chaque rail, en revêtant le reste suivant la méthode Mac-Adam. De cette façon, on éviterait que les chevaux ne glissent, en leur offrant un sol approprié à la structure de leurs sabots et on réaliserait une économie en raison du prix unitaire de la chaussée en pierre cassée.

Finalement, pour que les véhicules aient leur trajectoire fixe et n'abandonnent la voie métallique qu'en cas de nécessité, on a disposé la surface de roulement des rails 5 millimètres plus bas que la face supérieure des pavés qui l'encadrent; mais le double escalier qu'on forme ainsi, sur chaque rail, est une difficulté pour l'entrée et la sortie des véhicules, d'autant plus accentuée que la vitesse est plus grande et le poids transporté plus fort.

De plus, la marche sur les voies métalliques détermine des chocs transversaux contre le pavé les encadrant, et par suite ceux-ci se brisent et s'usent, leur largeur de tête diminue et il se crée des ornières contre la voie ferrée qui nuisent à la circulation.

La première étude complète qui a été faite de cette voie est celle de l'ingénieur de Caminos, Canales y Puertos, Mr. Enrique Sanchis Tarazona, et le résultat de ses travaux a paru

dans la *Revista de Obras publicas*, nos 7 de 1896 et 16, 22 et 23 de 1897.

Comme résumé de cette étude, cet Ingénieur affirme que la valeur de la voie métallique dépend exclusivement de la résistance de la fondation, et non de celle du rail, celui-ci n'étant que « le manteau protecteur du premier » et en raison de la dureté et de l'homogénéité de l'acier empêchant la destruction que donnerait le roulement, s'il se faisait directement sur la fondation.

Ceci dit, il propose le système de voie ci-après :

Le rail est un T (fig. 7); il est appuyé sur une fondation en béton protégé par deux bandes de pavés de telle sorte que dès que le béton a fait prise, l'ensemble constitue un bloc formé par le béton, les pavés et le rail, et de résistance suffisante pour supprimer les fers plats transversaux qui s'emploient sur le chemin du Grao.

Le rail est à tête très épaisse afin que l'usure n'ait aucune influence pendant longtemps sur sa résistance; au contraire, l'âme est mince, parce qu'elle a pour but de servir de trait d'union entre le rail et la fondation et on a proposé d'y faire des trous, par analogie avec ce qui a été fait avec succès dans beaucoup de tramways, d'après Govaw.

La face supérieure du rail est légèrement courbe pour assurer la trajectoire des véhicules; sa largeur est suffisante dans la plupart des cas, et si dans quelques-uns l'empatement des véhicules était trop grand, ils marcheraient sur le centre de la route qui sera toujours bien entretenu. Le mètre linéaire de rail pèse 24 kilogrammes.

Ce système de voies a été proposé par l'auteur dans un projet pour la route du Grao de Castellon.

Le kilomètre de voie simple revient à 32.683,62 piécettes.

Par O. R. du 29 mai 1906 a été approuvé un projet analogue rédigé par l'ingénieur de Caminos, etc., Mr Vicente Sanchis Tarazona pour 4 kilomètres de voie, sur la route d'Ademuz à Valence, comprise entre Burjasot et la capitale. On a adopté une voie simple en tenant compte de ce que la circulation chargée ne se fait que dans une seule direction. Le rail dont la section a été proposée par Mr Louis Marti Correa, Ingeniero Jefe de Caminos, etc. est représenté dans la figure 8 et son poids par mètre linéaire est de 28 912 kilogrammes. Sa surface de roulement présente une légère conca-

vité comme sur les voies ferrées qui ont été décrites, et du reste celle-ci ne diffère pas essentiellement de celle de Valence au Grao bien que, dans certains détails, elle ait été modifiée comme l'indiquent les figures.

Le prix de revient du kilomètre de voie est de 34 453,97 piécettes, et la durée de l'amortissement est inférieure à dix ans en admettant que la dépense kilométrique par an pour l'entretien de la route qui est maintenant de 5 000 piécettes soit réduit à 700 piécettes quand la voie ferrée sera en exploitation.

Enfin, en juillet dernier, on a posé à Valence, à titre d'essai, 200 mètres de voie simple dans la rue de Saint Pio V., tout près du pont nommé du Real.

Le type adopté appartient à la maison Feenix et a été choisi parmi les neuf propositions présentées au concours ouvert par le Conseil municipal.

Le rail de section en U renversé repose sur une fondation en béton et est rempli des mêmes matériaux employés au lieu de pierres cassées sur le chemin du Grao. L'entrevoie est pavée et le rail se trouve protégé par deux bandes extérieures de pavés, comme il est indiqué dans la figure 11.

Ce système n'a pas de fers plats pour conserver le parallélisme et la rectitude de la trajectoire des véhicules s'obtient au moyen d'un léger rebord du côté interne de la surface de roulement.

Le poids du mètre linéaire de rail est de 21 kilogrammes et le prix de revient du kilomètre est de 34 765,25 piécettes, légèrement supérieur à celui qui a été approuvé pour le tronçon de Burjasot à Valence; on doit remarquer qu'il sera plus avantageux comme durée à cause de sa plus grande épaisseur au centre du rail.

Conclusions.

1° L'empierrement des routes par la méthode Mac-Adam est insuffisante pour les tronçons présentant une circulation intense;

2° Dans les tronçons de route de cette nature et en général autour des grandes villes, on doit établir des voies métalliques pour le transport de lourdes charges, cette voie étant

simple ou double selon que la charge se déplace dans un seul sens ou dans les deux directions de la route;

3° Il est constant que le roulement par ces voies se fait avec douceur et d'une façon ordonnée et régulière, en laissant libre le centre de la route pour que les voitures légères et les automobiles puissent marcher à grande vitesse;

4° Ce système réduit au minimum l'effort de traction et on peut assurer que le transport par route le plus économique se fait sur les routes ayant des voies de cette nature;

5° Les frais d'entretien des routes après installation de voies métalliques sont réduits au dixième;

6° Le prix de revient kilométrique d'une voie simple est de 35 000 piécettes au maximum, et en admettant que les frais d'entretien d'une route soient de 5 000 piécettes par kilomètre, la durée d'amortissement n'atteint pas dix ans;

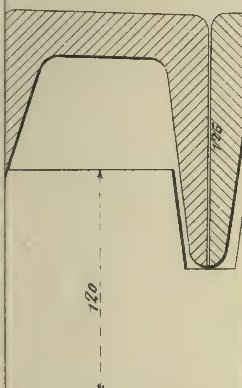
7° La durée des rails excède un siècle en tenant compte de ce que l'usure moyenne observée pendant dix-sept ans sur le chemin du Grao à Valence a été de un dixième de millimètre.

Valence le 22 *décembre* 1909.

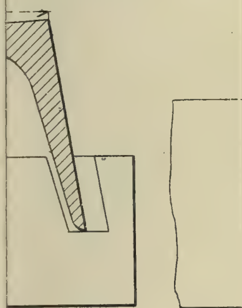
Vincent SANCHIS
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

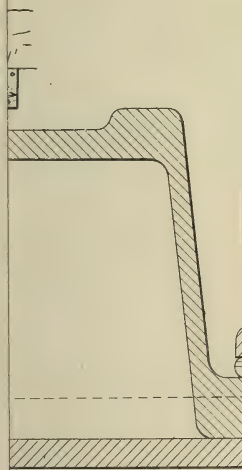
65554. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Fig. 4. E



ordre de Aden
e entre Burjas





Route municipale de Valence au Grao

Fig. 1 (Echelle 1/200e)

Fig. 2. E 1/200

Fig. 3. E 1/4

Fig. 4. E 1/4

Fig. 5. E 1/4

Route municipale de Castellón au Grao de Castellón

Fig. 6. E 1/100

Fig. 7. E 1/4

Route de 2ème ordre de Ademuz à Valence
Partie comprise entre Burjasot et la Capitale

Fig. 8. E 1/4

Fig. 9. E 1/4

(Les cotes en millimètres)

Rue de S. Pie V. de Valence

Fig. 10. E 1/2

Fig. 11. E 1/20

Fig. 12 E 1/2

Valence le 20 Décembre 1909
L'Ingénieur de Caminos, Canales y Puertos

Vincent Sanchis

Vincent Sanchis, 1re c

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS - BRUXELLES - 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR
A.-H. BLANCHARD
M. Am. Soc. C. E.
Deputy Engineer, State Board of Public Roads of Rhode Island
Associate Professor of Civil Engineering
Brown University, Providence, R I.
(U. S. A.)

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

EMPLOI DES LIANTS

dans la construction des routes macadamisées

Ce rapport sera consacré à une étude du côté économique et du mode d'emploi des divers liants bitumineux entrant dans la construction des chaussées en macadam bitumineux des routes nationales de l'Etat de Rhode Island, ainsi qu'à la discussion des problèmes d'ordre général soulevés par l'emploi de liants dans la constitution des chaussées empierrées.

Le premier but qu'on vise en établissant un revêtement, c'est de procurer un moyen de communication économique utilisable par des véhicules. Il importe essentiellement que le mode d'établissement adopté fasse disparaître tous les inconvénients qu'entraîne la circulation sur cette voie de toutes sortes de véhicules. Dans l'état actuel, ce qu'on cherche, soit en appliquant le liant sur le revêtement, soit en l'incorporant à la masse de la chaussée, c'est de prévenir la dégradation du revêtement tant sous l'action de la circulation que sous l'influence de la nature, et c'est aussi de réduire au minimum la formation de la poussière malfaisante.

Dans l'adaptation d'un nouveau mode de construction à certaines conditions créées par la circulation sur la chaussée de véhicules autres que ceux pour lesquels les routes d'autrefois ont été établies, on risque toujours beaucoup de négliger le côté économique du problème. En premier lieu, la variation des conditions de la circulation ne permet pas de garantir que la route une fois remaniée rendra des services; en second lieu, on peut perdre totalement de vue le prix des matériaux employés et les difficultés du mode d'entretien choisi dans le zèle qu'on apporte à réaliser l'objet désiré; enfin, en employant un liant coûteux auquel on attribue presque des propriétés surnaturelles, on peut oublier totalement d'envisager

comme il faut les autres éléments constitutifs de la masse ou du revêtement.

Dans l'Etat de Rhode Island, l'Office nationale des Voies publiques employait uniquement l'eau comme agent de cohésion jusqu'en 1905. Mais ,en 1906, les effets de la circulation automobile ont amené l'Office à mettre à l'étude un type de routes offrant un revêtement susceptible de résister à la désagrégation qui résultait de cette circulation et qui se manifestait surtout sur les grandes artères reliant les villes aux lieux de villégiature très courus. On peut qualifier le type expérimenté en 1906 de macadam bitumineux exécuté selon la méthode de mélange, avec du goudron minéral brut de Providence comme liant. Sauf l'addition du goudron, le mode d'exécution ressemble à celui qu'on appliquait pour le macadam ordinaire. Après le cylindrage à fond de la fondation, on étend sur une épaisseur de 6 pouces (15 cm. 2), qu'on réduit à 4 (10 cm. 2) par cylindrage, la pierre concassée nº 1, d'une grosseur variant entre 1 pouce 1/4 (3 cm. 2) et 2 1/2 (6 cm. 3). On répand alors environ 1/5 de gallon de goudron chaud par yard carré (0 l, 9 par mq.) sur la surface cylindrée de la couche nº 1. Ensuite on étale sur une planche de gâchage les pierres nº 2, d'une grosseur variant entre 1/2 pouce (1 cm. 3) et 1 1/4 (3 cm. 2) et on les mélange avec du goudron chaud à l'aide de râteaux et de pelles jusqu'à ce que chaque caillou soit complètement enrobé. On applique alors ce mélange sur la couche nº 1 en lui donnant une épaisseur de 3 pouces (7 cm. 6) qu'on réduit à 2 (5 cm. 1) par compression. On répand enfin à la surface une couche mince de cassures de moins de 1/2 pouce (1 cm. 3), qu'on cylindre pour les faire entrer dans la couche 2 et pour combler les interstices, de façon à obtenir une surface unie. La quantité totale de goudron employé est de 1 gallon 25 par yard carré (5 l, 7 par mq.). On notera que la surface de la couche nº 2 n'est ni badigeonnée ni recouverte. Mais il faut rappeler que la circulation automobile représente 90 à 95 0/0 de la circulation totale, de sorte que le risque de voir le revêtement désagrégé par le choc des crampons fixés aux fers des chevaux disparaît en réalité. Quand il a été inspecté en octobre 1909, le macadam paraissait en aussi bon état que lors de sa construction en 1906.

On a appliqué en 1907 le même mode d'établissement et

les mêmes liants tirés de la même source qu'en 1906. En mai 1908, on a construit à titre d'essai plusieurs tronçons en macadam bitumineux, dans le but de déterminer le liant le plus efficace et le mode le plus économique d'établissement des routes pour les adapter à la circulation moderne. Ces expériences, entièrement décrites dans le volume LXI des Procès-Verbaux des séances de la Société américaine des Ingénieurs civils, ont porté sur les méthodes et les matières suivantes:

N° 1. Méthode de mélange; liant: asphalte de Texaco, série H et 50 0/0 de goudron minéral de Providence; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 13,3 cents (0 fr. 69).

N° 2. Méthode de mélange; liant: 50 0/0 d'asphalte de Texaco, série H dont le point de fusion est 60° C; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 40. 1 cents (2 fr. 08).

N° 3. Méthode de mélange; même liant qu'au n° 2; application à la surface de la couche n° 1 de 1/5 de gallon par yard carré (0 l,90 par mq.); prix: 13,3 cents (0 fr. 69).

N° 4. Méthode de mélange; liant: goudron minéral de Providence; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 12 cents (0 fr. 52).

N° 5. Méthode de mélange; même liant qu'au n° 4; application de 1/5 de gallon par yard carré (0 l 90 par mq.) sur la surface de la couche n° 1; prix: 12 cents (0 fr. 52).

N° 6. Méthode de mélange; liant: 25 0/0 de brai moyennement dur de goudron minéral ayant son point de fusion à 40° C. et 75 0/0 de goudron de Providence; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 14,2 cents (0 fr. 73).

N° 7. Méthode de mélange; même liant qu'au n° 6; cassures d'une grosseur variant entre 1/8 (0 cm. 3) et 1/2 pouce (1 cm. 3) mêlées à la couche n° 2; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 14,2 cents (0 fr. 73).

N° 8. Méthode de mélange; liant: Tarvia A, sorte de goudron distillé; pas de liant à la surface de la couche n° 1; prix: 15, 1 cents (0 fr. 78).

N° 9. Méthode de mélange; même liant qu'au n° 8; application de 1/5 de gallon par yard carré (0 l 90 par mq.) à la surface la couche n° 1; prix: 15,1 cents (0 fr. 78).

N° 10. Méthode de pénétration; liant: goudron minéral de Providence; liant appliqué au moyen de cuillers sur la couche cylindrée n° 1; pénétration de 1 (2 cm. 5) à 2 pouces 1/2 (6 cm. 3); prix: 14,3 cents (0 fr. 74).

Dans toutes les expériences ci-dessus, la couche n° 2 s'est trouvée avoir 2 pouces (5 cm. 1) d'épaisseur après compression. Dans les expériences du n° 2 au n° 9 inclusivement, on a employé 1 gallon 25 de liant bitumineux par yard carré 5 l, 66 par mq.).

Dans l'expérience n° 1, où on a mélangé de l'asphalte solide à la pierre froide, il a fallu un excès de liant pour enrober partiellement la pierraille, et on a employé 3 gallons 59 d'asphalte par yard carré (16 l 26 par mq.). Dans l'expérience n° 10, on a employé au total 1 gallon 87 de goudron (8 l, 17 par mq.) pour obtenir le minimum voulu d'enduit sur toutes les parties de la surface. Les chiffres donnés ci-dessus comme prix de revient se rapportent dans chaque cas aux prix de revient en sus du coût du macadam ordinaire.

On est arrivé aux déductions suivantes à la suite d'une inspection critique passée en octobre 1909, époque où les portions construites avaient supporté la circulation automobile de deux étés et les intempéries d'un hiver. Le revêtement qui se trouvait dans le meilleur état tant au point de vue de la résistance à la désagrégation causée par la circulation automobile qu'au point de vue de la vitalité, c'est-à-dire de la faculté de résister à la décomposition due aux variations de température, fut celui de l'expérience n° 1, construit en asphalte de Texaco. Les revêtements n° 2 et n° 3, construits avec 50 0/0 d'asphalte de Texaco et 50 0/0 de goudron de Providence avaient presque aussi bonne tenue: on apercevait très peu de dégradations sur les revêtements n°s 4 à 9 inclusivement, entre lesquels il eût été difficile d'établir une différence au point de vue de la valeur relative. La portion qui avait fait l'objet de l'expérience n° 10 offrait des points de désagrégation due, sans aucun doute, à ce qu'on avait appliqué moins de liant en ces endroits ou à ce qu'une dispersion des pierres plus petites de la couche n° 2 avait entravé la pénétration et compromis l'efficacité de la cohésion. Il n'y avait absolument aucune différence notable entre les portions construites en appliquant le liant bitumineux sur la couche n° 1 et les portions où elle n'avait pas été enduite.

Pour les autres portions construites en 1908 sur des artères exposées à une circulation automobile extraordinaire et à une circulation très restreinte de voitures à chevaux, on a suivi la méthode de mélange, en employant comme liant du goudron

de Providence, sauf pour une portion de 1000 pieds où l'on s'est servi de goudron de houille d'Attleboro. Ces tronçons étaient dans un état très satisfaisant en octobre 1909, sauf le dernier. Deux mois après l'achèvement des travaux, le revêtement était dans un état de désagrégation semblable à celui d'une route macadamisée ordinaire toute dépouillée après une longue période de sécheresse et où il y aurait eu une circulation automobile d'une intensité extraordinaire. Le débit commercial de goudron des Usines à Gaz d'Attleboro est tout à fait variable, ce qui tient, sans aucun doute, à l'exiguïté des installations et par suite du réservoir d'emmagasinage. Dans le chargement qu'on avait fait venir pour le tronçon de 1000 pieds (305 m.), les premiers tonneaux contenaient un goudron dont les propriétés physiques et chimiques ressemblaient à celles du goudron de l'Usine à Gaz de Providence; le court tronçon construit avec cette partie du chargement a donné toute satisfaction. Mais, en réalité, tout le reste de la marchandise contenait trop d'ammoniaque et d'huile légère volatile. Quoi qu'il en soit, le tronçon fut réparé en nettoyant la surface, en comblant les flaches et en badigeonnant tout le revêtement avec de l'asphalte de Texaco, série H, à raison d'un gallon par yard carré. On fit ensuite pénétrer du cailloutis dans la couche d'asphalte par compression. Le revêtement était en parfait état au mois d'octobre 1909.

On a construit une section de route de 2 milles 1/4 (3 km. 621) sur une artère principale desservant à la fois une circulation automobile et une circulation de véhicules à chevaux extrêmement intenses toutes deux et se partageant environ par moitié. Au commencement des travaux, on a construit un tronçon de 2000 pieds (609 m.) selon la méthode de mélange, avec du goudron de Providence comme liant. Avant la fin de 1908 ce tronçon commença à se désagréger par suite des chocs produits par les crampons des fers des chevaux sur la pierraille nº 2. Cette désagrégation continua pendant l'hiver. A l'entrée de l'été de 1909 on répara ce tronçon en badigeonnant le fond des dénivellations avec du goudron et en comblant les flaches avec de la pierraille goudronnée. Ensuite on répandit sur tout le revêtement une couche de goudron chaud de Providence, par-dessus lequel on appliqua une couche d'asphalte chaud de Texaco, série J. Enfin, on recouvrit de cassures de pierres sur une épaisseur d'un demi-pouce qu'on fit entrer par com-

pression dans l'asphalte. En octobre 1909, le revêtement était en excellent état, sauf les irrégularités à la surface dues aux alignements de pierraille goudronnée dans quelques-unes des dénivellations.

Afin de se prémunir contre la dégradation due aux chocs des fers des chevaux, on finit le tronçon qui restait avec une épaisse chape de matière bitumineuse, à raison de 0,60 de gallon par yard carré (2 l, 72 par mq.). On construisit la plus grande partie de la route par la méthode de mélange, en employant dans ce mélange 1 gallon 25 (5 l, 66) de liant bitumineux composé de 50 0/0 d'asphalte de Texaco, série J, dont le point de fusion est 82° C., et de 50 0/ de goudron de Providence; la couche supérieure était constituée par de l'asphalte de Texaco, série H, ou par du goudron de Providence. En raison de l'approche des temps froids et de la difficulté de mélanger l'asphalte avec du goudron et de la pierraille froide, on s'est servi de goudron de Providence pour le mélange et d'asphalte de Texaco, série H, pour la chape supérieure. Dans la dernière quinzaine de novembre, on s'est servi de goudron de Providence à la fois pour le mélange et pour la chape. Une portion de route a été construite à titre d'essai, en employant pour le mélange 25 0/0 de matrice de Genasco et 75 0/0 de goudron de Providence, et, pour la chape du goudron de Providence. Pendant l'été de 1909, ces diverses portions de route n'ont eu besoin que de légères réparations: les défauts étaient principalement dus à une mauvaise construction en des points isolés. Pendant le mois de mai 1909, la chape d'asphalte s'amollit à un tel point qu'il fallut la recouvrir à nouveau de criblures. En octobre 1909, les divers tronçons avaient bonne tenue; ceux où on avait appliqué une couche épaisse d'asphalte étaient presque impeccables. Le prix par yard carré en sus du coût du macadam ordinaire pour le tronçon construit avec un mélange où entraient 50 0/0 d'asphalte de Texaco et 50 0/0 de goudron de Providence, et avec une chape d'asphalte de Texaco, s'élevait à 20 cents, 8 (1 fr. 08), alors qu'il était de 19 cents, 9 (1 fr. 03) avec une chape de goudron. Le tronçon construit avec du goudron seul dans le mélange et de l'asphalte de Texaco pour la chape revient à 18 cents, 4 par yard carré (1 fr. 10 par mq.) tandis qu'il revient à 17 cents, 1 (1 fr.) avec une chape de goudron.

En raison de l'état de la chape d'asphalte sur les tronçons susmentionnés au commencement de l'été 1909, on a décidé d'adopter comme type pour l'année un revêtement bitumineux comportant une chape de goudron et un mélange de 50 0/0 d'asphalte de Texaco et 50 0/0 de goudron de Providence. On suivit cette formule pendant tout l'été, jusqu'à ce qu'on reconnut que le recouvrement de criblures exécuté sur la route de 1908 empêcherait l'amollissement: c'est à ce moment qu'on a substitué la chape d'asphalte à la couche de goudron. La quantité de liant employée par yard carré varie de 1 gallon 25 à 2 (5 l, 66 à 9 l, 06 par mq.) suivant la nature de la roche choisie comme pierraille et la grosseur moyenne de la pierre concassée n° 2. La quantité de matière bitumineuse employée pour la chape varie également, pour les mêmes causes, de 0,6 à 1 gallon par yard carré (2 l, 72 à 4 l, 53 par mq.).

On a apporté beaucoup d'attention pendant tout l'été de 1909 au perfectionnement des détails de construction des revêtements bitumineux avec mélange opéré à la main et on a fait des recherches dans tous les Etats-Unis sur l'économie que procurerait le mélange à la machine et sur l'emploi de pierraille chauffée. On a continué toute l'année les expériences dans le laboratoire et sur le terrain pour déterminer la valeur et les effets des diverses propriétés physiques et chimiques des matières bitumineuses. Les travaux d'essai les plus importants furent entrepris pendant les mois de septembre et d'octobre, en vue d'arrêter le genre de matière bitumineuse qui pourrait être employé après le 15 octobre avec de la pierraille froide de façon satisfaisante et économique à la fois, ainsi que la limite générale de l'emploi du mélange de 50 0/0 d'asphalte de Texaco, série 55 spéciale, H ou J avec 50 0/0 de goudron de Providence dans la partie septentrionale des Etats-Unis. On a employé un certain nombre de matières bitumineuses qui avaient donné d'excellents résultats pendant l'été et dont la liste suit: Liant pour macadam de Texaco, fabriqué par la Compagnie du Texas, — deux sortes de Tarite et deux sortes de Tarite-Asphalte fabriquées par la Compagnie américaine du goudron et un composé de goudron de houille distillé fabriqué par la Compagnie unifiée de l'Amélioration du Gaz. Malheureusement, il fut impossible de mélanger à la main et à peu de frais l'une quelconque de ces matières avec la pierraille n° 2 pendant les heures fraîches du matin

ou les heures avancées de la soirée, car la congélation se produisait dès que la matière prenait contact avec la pierraille froide. Pour ces expériences, on décida de prendre la machine goudronneuse de la Compagnie américaine du Goudron, qui a donné d'excellents résultats sous notre surveillance, la démonstration ayant été faite qu'on pouvait efficacement mélanger le liant Texaco avec la pierraille froide dans un mélangeur à béton. La machine se compose essentiellement d'une cuve longue, avec un plan incliné à chaque extrémité; la cuve est flanquée d'une boîte à feu et montée sur roues. Sous le milieu de la cuve trois tuyaux d'air chaud traversent un bain de matière bitumineuse; la matière froide est introduite dans l'un ou l'autre des deux manchons qui sont sur les côtés de la cuve et qui constituent un prolongement du compartiment de dessous. La matière froide va naturellement au fond du bain, pendant que la matière chaude monte dans les manchons et coule dans la cuve par des orifices pratiqués dans les parois internes des manchons. On place la pierraille froide sur le plan incliné le plus éloigné des travaux et avec des râteaux on la pousse de là dans la matière bitumineuse chaude, puis sur l'autre plan incliné dans lequel se trouve une étuve sèche qui enlève l'excès de matière bitumineuse. Les résultats obtenus en mélangeant la pierraille nº 2 à la machine ont été très supérieurs à ceux que donnait le mélange à la main, tant au point de vue de l'intimité du mélange qu'au point de vue du prix de revient de l'opération. Il serait avantageux qu'il y eût une enveloppe d'air chaud sous le plan incliné où l'on met tout d'abord la pierraille froide, afin que celle-ci soit légèrement chauffée avant qu'on la pousse dans la matière bitumineuse. Cette précaution est surtout opportune si l'opération s'effectue après le 1er octobre et si l'on doit employer comme liants des composés contenant de l'asphalte, qui se trouve à l'état solide à la température ordinaire. Avec des goudrons de houille distillés, la machine a fonctionné de façon très satisfaisante et a permis de réaliser des économies sur les frais de manipulation pendant toute la saison ordinaire.

Maintenant, il convient de considérer les divergences qui se sont révélées dans la pratique de ces dernières années, afin de relever soigneusement les avantages des divers procédés et de poser les bases d'une méthode économique pour l'avenir. Nous allons examiner quelques-uns des problèmes qui sont

de toute première importance pour les portions de routes en macadam bitumineux aux Etats-Unis.

Trois formes de marchés se présentent, avec leurs variantes, pour le paiement de la construction du revêtement bitumineux. En premier lieu, les travaux de construction peuvent être exécutés à la journée, les matières et la main d'œuvre étant alors payés directement par l'Administration intéressée. En second lieu, la main d'œuvre supplémentaire impliquée par la construction d'un revêtement bitumineux peut être payée par application de la clause de travaux et matériaux supplémentaires qu'on rencontre aux Etats-Unis dans tous les cahiers des charges des entrepreneurs pour la construction d'un macadam ordinaire. Dans ce cas, l'Administration intéressée achète directement au producteur la matière bitumineuse et la fournit à l'entrepreneur chaque fois qu'il le demande. Divers accessoires sont fournis soit par l'Administration, soit par l'entrepreneur, suivant les exigences du travail. Par exemple, dans certains travaux de Rhode Island, l'Etat a fourni des modèles spéciaux de chaudières à goudron, de raclettes, etc., alors que dans d'autres, c'est l'entrepreneur qui a fourni les chaudières, les cuillers, les pelles, etc., moyennant un prix par jour de travail. — En troisième lieu, on peut procéder comme on le fait pour la majorité des travaux de construction de macadam bitumineux aux Etats-Unis, par marché à forfait: le revêtement est alors construit moyennant un prix ferme par yard carré ou pour l'ensemble du travail. Dans ce système, il faut un cahier des charges rigoureux pour la fourniture des matières bitumineuses, déterminant les diverses propriétés de la matière, tandis que cette pièce est facultative dans le premier ou le second système. Dans le premier et le second système, l'avantage consiste en ce qu'on est le maître absolu de l'espèce de matière bitumineuse employée et des détails de construction. Dans le troisième système, une condition essentielle pour réussir est d'avoir pour inspecteur sur les lieux un homme très versé dans la construction des revêtements bitumineux, car il est obligé de faire à la fois fonction de surveillant des travaux à pied d'œuvre et d'inspecteur pour l'Administration intéressée. A l'époque actuelle où les détails du mode d'exécution et la quantité de matière à employer varient avec les conditions locales et les matériaux utilisés, l'avantage mentionné ci-dessus est d'une extrême

importance. Sous certaines conditions, l'Administration intéressée se trouve, avec le troisième système, débarrassée d'une grosse part de travail d'administration et de bureau; mais, tant que les modes d'exécution et les matières ne seront pas davantage astreints à être d'un certain type, et tant que les entrepreneurs n'auront pas acquis plus d'expérience dans cette branche de travaux, ce système aura pour effet ordinaire de soulever plus ou moins de contestations entre les parties. Bien que l'argumentation ci-dessus s'applique à tous les marchés portant sur des ouvrages en goudron ou asphalte, elle devient plus pressante quand il s'agit de marchés pour la construction de macadam bitumineux par la méthode de mélange. Dans le troisième système, on a pu préconiser la garantie comme remède universel; mais il est très douteux que la science et l'art des revêtements bitumineux aient atteint une perfection suffisante pour justifier cette stipulation.

Le côté économique et les avantages relatifs du mélange à la main ou à la machine constituent un des problèmes les plus importants en face desquels puisse se trouver l'ingénieur chargé de construire des revêtements bitumineux par la méthode de mélange. Les avantages du mélange à la main sont le bon marché du mélange avec la main d'œuvre aux prix de la période de 1906 à 1909 inclusivement, — la facilité de régler les proportions du mélange, — et le faible coût de l'outillage nécessaire. Les avantages du mélange à la machine sont la rapidité de l'opération, et, avec des conditions favorables, le prix réduit du mélange. Pendant ces dernières années, les circonstances n'ont pas permis d'obtenir des machines mélangeuses un rendement satisfaisant à peu de frais. Parmi les inconvénients, il faut citer l'extrême cherté du fonctionnement des bonnes machines en comparaison du bon marché très réel du mélange à la main, l'infériorité du mélange quand on emploie de la pierraille froide avec la plupart des matières bitumineuses vendues dans le commerce et très avantageuses cependant — et enfin, le faible rendement des concasseurs mobiles ordinaires employés pour les travaux sur les routes nationales, puisqu'il est très possible de mélanger à la main pendant la durée des heures normales de travail toute la production quotidienne d'un concasseur. Le côté économique et les avantages relatifs des deux méthodes changeront sensiblement, à n'en pas douter, au cours des deux années qui

suivront, pendant lesquelles la méthode du mélange sera plus généralement adoptée qu'à présent. On peut en effet facilement triompher des inconvénients du mélange à la machine, étant donné que des modifications de l'outillage et des détails d'exécution permettront sûrement de réduire notablement le prix de revient du mélange. Un facteur important pour les deux ou trois années prochaines et qui poussera à l'emploi de la machine, ce sera l'augmentation continuelle du prix de la main d'œuvre pour les ouvriers employés à la planche de gâchage. Un autre facteur déterminant pour l'usage de la machine sera la possibilité de chauffer la pierraille. Si l'emploi de la pierraille chauffée peut se faire sans entraîner de grands frais, on pourra utiliser comme liants uniquement beaucoup d'excellents produits asphaltiques qui sont dans le commerce et obtenir des résultats remarquables, à en juger par les travaux faits à titre d'essai dans le Rhode Island et par l'état excellent où se trouvent les revêtements en macadam asphalté établis par la Compagnie du Texas, la Compagnie de l'Asphalte Barber et la Compagnie américaine de l'Asphalte et du Caoutchouc. L'emploi de pierre chauffée est certainement un point qui devrait être soigneusement étudié dans les deux années à venir. Par son emploi, il serait possible d'allonger la saison des travaux dans le Nord des Etats-Unis, en la commençant entre le 15 avril et le 1er mai pour la prolonger jusqu'au 1er ou au 15 novembre, alors que si l'on mélange avec la pierraille froide des matières excellentes, la saison ne s'étend plus que pendant la courte période comprise entre le 1er juin et le 1er ou le 15 octobre.

Un autre problème intéressant est celui de la valeur relative des méthodes de mélange et de pénétration dans l'établissement de chaussées en macadam bitumineux destinées à une circulation extrêmement intense d'automobiles et de voitures à chevaux. Une des comparaisons les plus difficiles à faire est celle du macadam construit par la méthode de mélange en employant l'asphalte solide pour la chape, avec le macadam construit par la méthode de pénétration en répandant deux couches de matières bitumineuses appliquées uniformément par une machine distributrice, la première couche avec du goudron distillé ou de l'asphalte liquide et la chape avec de l'asphalte solide. Dans les deux cas, on a fait un répandage de cassures de pierre d'une grosseur variant entre 1/8 et

1/2 pouce (0 cm. 33 à 1 cm. 3), qu'on a fait entrer dans la chape d'asphalte par compression. Dans les deux cas, le lit d'asphalte graveleux constitue la surface d'usure, la couche n° 2 servant de fondation. La valeur relative des deux méthodes dépend en partie du coefficient et de l'uniformité de l'usure de la chape. Si la chape s'use uniformément pendant une période de trois ans, la différence de valeur ne sera pas aussi accentuée que si la chape s'use inégalement pendant un ou deux ans seulement. Après bien des études, nous sommes arrivés à cette conclusion que le type ordinaire de revêtement en macadam bitumineux construit à peu de frais par la méthode de pénétration, en ne faisant qu'une application de matière bitumineuse, est sujet à se désagréger par places dans l'espace de une à trois années. Cela tient principalement à ce que toutes les parties de la couche supérieure de pierraille ne sont pas enrobées par le liant: il s'ensuit que le cisaillement produit par les pneus des automobiles rapides ou les chocs de sabot des chevaux tend à déchausser les pierres de la surface et à former des flaches que la circulation ne tarde pas à élargir. Dans le cas d'un revêtement à chape, l'effet relevé plus haut se produira après que la seconde couche aura été usée. Au cas où la chape d'usure a été construite par la méthode de mélange, la mosaïque exposée de la couche n° 2 ne se désagrégera pas aussi rapidement, car la pierraille de cette couche se trouve agglutinée de toutes parts et offre par suite le maximum de résistance aux forces qui tendent à la dégrader. Cet avantage s'aperçoit surtout pendant l'hiver, où il n'est pas pratique de réparer les revêtements bitumineux. Le problème véritablement intéressant, c'est d'arriver à construire un revêtement à peu de frais par la méthode de pénétration, au moyen d'une machine distributive qui forcera la matière bitumineuse à pénétrer uniformément la couche n° 2, de façon que les pierres du dessus soient complètement recouvertes sur une épaisseur de deux pouces.

Les stipulations relatives aux propriétés physiques et chimiques du liant bitumineux sont de toute première importance. La situation actuelle est des plus regrettables tant au point de vue de l'acheteur qu'au point de vue du fabricant. Actuellement, en novembre 1909, il paraît impossible, en raison du manque de données, de rédiger une clause admettant une matière qui possède toutes les propriétés

voulues et excluant en même temps toutes les matières défectueuses. Pour résoudre ce problème capital, il faudra étudier à fond la nature des ingrédients des matières bitumineuses, l'effet qu'ils ont chacun sur l'aptitude de la matière à servir de liant dans certaines conditions et la proportion minimum et maximum de chaque ingrédient. L'unification des méthodes d'analyse à adopter en vue de déterminer les diverses propriétés des matières est, naturellement, le premier progrès à réaliser pour atteindre le but visé. Grâce à la Commission spéciale de la Société américaine des Ingénieurs civils, on peut espérer qu'il sera possible de recueillir assez de renseignements pour permettre de franchir cette étape dans un aveuir relativement prochain. Cette Commission s'est déjà assuré le concours de presque tous les Etats qui ont des travaux de revêtements bitumineux en cours. En outre des recherches indépendantes entreprises dans diverses laboratoires d'Etat sur des points spéciaux, la Société américaine d'essai des matériaux et divers ingénieurs routiers et chimistes poursuivent leurs travaux remarquables en cette matière.

Conformément à la conclusion prise par le Premier Congrès international de la Route sur ce point, le Bureau permanent a mission d'étudier s'il y aurait lieu d'instituer un organe spécial destiné à recueillir des statistiques et à unifier les méthodes d'essai pour la détermination des propriétés physiques et chimiques des matières bitumineuses. Il y aurait donc lieu pour l'Association internationale permanente des Congrès de la Route de rassembler des statistiques portant sur les étapes parcourues dans l'emploi de matières bitumineuses pour la construction des routes dans chaque pays où sont entrepris des travaux de ce genre. On pourrait obtenir de cette manière des renseignements extrêmement précieux qu'il serait vraiment impossible de se procurer autrement.

Convient-il que le Congrès s'efforce d'établir une formule type pour les propriétés des matières bitumineuses? On peut le mettre sérieusement en doute. Notre expérience de membre de la Commission spéciale des matières bitumineuses, instituée par la Société américaine des Ingénieurs civils et de membre d'une Commission analogue de la Société américaine d'essai des matériaux nous a convaincu qu'il est essentiel, si l'on veut obtenir des résultats satisfaisants dans un délai raisonnable, d'entretenir un échange continuel de vues au moyen

de fréquentes réunions et d'exiger chez la plupart des membres de la Commission une connaissance approfondie des matières bitumineuses qui se trouvent dans le commerce et des conditions de leur emploi. Or, un organe international aurait de grandes difficultés à satisfaire aux conditions indiquées. Les travaux entrepris dans chacun des pays qui suivent: France, Allemagne, Grande-Bretagne et Etats-Unis sont certainement assez considérables pour que les renseignements voulus sur les effets des diverses propriétés des matières bitumineuses dans les divers modes d'exécution suffisent à tenir en haleine un organe national dans chacun des pays susmentionnés.

Pendant ces dernières années, il est résulté une certaine confusion de l'abus du terme de « chaussée en macadam bitumineux », ce terme ayant été appliqué aux chaussées construites avec un liant bitumineux selon les méthodes de mélange, de pénétration ou de Gladwell ainsi qu'aux chaussées dont le revêtement avait été simplement badigeonné avec des matières bitumineuses. Le mot de « pavage » a été restreint, peut-être naturellement, dans la plus grande partie des Etats-Unis, aux revêtements de pierre, de brique, de bois, d'asphalte, etc., etc... Ce qu'on appelle « revêtement bitulistique », tel qu'il est pratiqué aux Etats-Unis ne diffère pas essentiellement, quand on ne le considère qu'au point de vue des définitions générales, des revêtements bitumineux adoptés pour le réseau des routes nationales dans beaucoup d'Etats. Il semble donc n'y avoir aucune raison pour ne pas appliquer le terme de « revêtement en macadam bitumineux » d'une façon générale à toutes les chaussées en macadam construites avec un liant bitumineux et dans lesquelles la matière bitumineuse forme lien entre les faces des pierres de la couche nº 2; le terme « enduit bitumineux superficiel » serait employé pour désigner un revêtement de rue (ou de route recouvert d'une légère couche de matière bitumineuse.

Nous appuyant sur des enquêtes faites dans tous les Etats-Unis et sur l'expérience acquise pendant que nous étions chargé de l'établissement de revêtements en macadam bitumineux dans le Rhode Island, nous croyons que le programme de travaux d'essai à entreprendre pendant les exercices 1910 et 1911 devrait comprendre des recherches complètes: 1º relativement aux effets des diverses propriétés physiques et chimiques des matières bitumineuses sur leur utilisation dans

les travaux de construction; — 2° relativement à l'extension de l'emploi de machines mélangeuses d'un rendement économique ;— 3° relativement au mélange de pierre chauffée avec de l'asphalte solide ou des composés de l'asphalte; — 4° relativement à la valeur comparée des revêtements en macadam bitumineux construits selon les méthodes de mélange et de pénétration; — 5° relativement à l'usage de machines de distribution économiques — et enfin 6° relativement à l'extension des modes économiques d'entretien des revêtements en macadam bitumineux et des recouvrements bitumineux superficiels.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les buts principaux de la science et de l'art de l'ingénieur des routes sont actuellement: 1° la construction économique de routes capables de résister à l'action désagrégeante d'une circulation extrêmement intense d'automobiles et de voitures à chevaux — et 2° l'élimination de la poussière malfaisante.

Le type de chaussées auquel on s'est attaché en 1909 dans la construction des routes nationales du Rhode Island, en vue d'obtenir les résultats susmentionnés, a été le revêtement bitumineux exécuté selon la méthode de mélange, en prenant pour constituer le liant 50 0/0 d'asphalte de Texaco, série J et n° 55 spécial et 50 0/0 de goudron de houille de Providence et en formant une chape d'asphalte de Texaco ou de goudron de Providence. Les errements actuels sont le résultat de travaux d'essai exécutés en 1906, 1907 et 1908 avec diverses matières bitumineuses et selon différentes méthodes. Il est établi que dans les conditions ordinaires, si la circulation comprend 90 à 95 0/0 d'automobiles, la chape n'est pas indispensable.

Des travaux d'essai exécutés avec la machine goudronneuse de la Compagnie américaine du goudron ont montré que cette machine fonctionnait à peu de frais et donnait des résultats satisfaisants; la supériorité du mélange par rapport à celui qu'on obtient à la main apparaît surtout pendant les heures froides de la journée après le 1er octobre.

Il y aurait lieu d'étudier soigneusement en 1910 et 1911 les points suivants, dont quelques-uns sont d'une importance capitale surtout pour ceux qui emploient la méthode du mélange:

Valeur relative des trois sortes de marchés pour la construction de revêtements de macadam bitumineux : 1° matière et main-d'œuvre payée directement par l'Administration intéressée ; — 2° main d'œuvre supplémentaire entraînée par la construction d'un revêtement bitumineux payée par application de la clause de travaux supplémentaires courante dans les cahiers des charges, alors que la matière bitumineuse est achetée directement au producteur par l'Administration ; — 3° revêtement construit pour un prix à forfait par yard carré (à l'unité de mesure) et observation d'une formule stricte pour la fourniture de matière bitumineuse.

Côté économique et avantages relatifs du mélange à main et du mélange à la machine.

Côté économique et valeur relative de l'emploi de pierraille chauffée avec de l'asphalte solide à la température ordinaire et avec des composés de l'asphalte.

Valeur relative des méthodes de mélange et de pénétration dans l'établissement de revêtements en macadam bitumineux.

Etablissement de formules garantissant les propriétés physiques et chimiques des liants bitumineux, à la suite d'une étude approfondie de la nature des divers ingrédients et des effets de chacun d'eux sur l'efficacité de la matière comme liant dans certaines conditions, et de la proportion maximum et minimum dans laquelle chaque ingrédient doit se trouver.

En confiant à un organe national les recherches à faire sur chaque point dans tous les pays où il y a de considérables travaux de revêtement bitumineux en cours, on arrivera plus vite aux résultats cherchés qu'en remettant ce soin à une commission internationale.

Emploi du terme de « revêtement en macadam bitumineux » restreint à la désignation de chaussées en macadam avec liant bitumineux incorporé de telle sorte que la matière bitumineuse forme liaison entre les faces des pierres de la couche n° 2 ; usage du terme « enduit bitumineux superficiel » pour désigner un revêtement de rue ou de route recouvert d'une mince couche de matière bitumineuse.

Novembre 1909

A. H. BLANCHARD

(Trad. BLAEVOET).

66016. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.







Teer-Maschine der « American Tar Company ».

8

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

WALTER WILSON CROSBY
C. E. (Member Am. Soc. C. E.)
Chief Engineer
to
The Maryland Geological and Economic Survey
and
The State Roads Commission of Maryland
Baltimore

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

EMPLOI DES LIANTS DANS LA CONSTRUCTION
DES CHAUSSÉES MACADAMISÉES

Les administrateurs de la route s'accordent tous à reconnaître la nécessité de l'introduction d'un liant spécial dans l'empierrement d'une route pour la mettre à même de résister avantageusement et à peu de frais, pendant un temps raisonnable, aux efforts engendrés par la circulation; cette entente générale soulève deux questions :

a) Quelle espèce de liant faut-il employer?

b) Comment faut-il incorporer à l'empierrement le liant approprié?

Il faut bien se rendre compte ici que, dans les développement qui suivent, nous n'avons nullement l'intention d'indiquer le procédé à adopter dans telles et telles conditions de lieu et d'espèce, qui peuvent changer le problème au point d'annuler tout ou partie des conclusions générales. Il convient d'examiner les conditions particulières à chaque espèce et d'y conformer la méthode à appliquer. Néanmoins, dans toutes les hypothèses, il y a des principes généraux dont on peut et doit toujours s'inspirer et c'est de ces principes seuls que nous entendons traiter ici.

Question *a*) (voir ci-dessus).

Il se présente actuellement deux liants au choix des administrateurs de la route : le liant calcaire et le liant bitumineux. Nous nous bornerons à l'étude de ce dernier dans le présent rapport.

Ingénieurs et chimistes n'ont pas encore une intelligence complète de l'emploi des liants bitumineux dans les travaux de route. On a utilisé avec succès depuis un certain nombre d'années quelques variétés très restreintes de ces liants dans le dallage d'asphalte et l'on connaît fort bien les qualités qu'il faut exiger de ces matières spéciales, quoiqu'il subsiste encore quelques divergences de vues sur ce point. L'aug-

mentation soudaine des commandes de matières de ce genre et la variété des produits offerts à la suite de ces commandes et d'autres facteurs, ont provoqué l'apparition d'une foule de substances analogues. On sait peu de choses sur la façon dont les anciennes matières se comportent, quand on les emploie suivant les procédés nouveaux, ainsi que sur l'utilisation et les résultats des nouveaux produits appliqués dans certaines conditions. Le temps qui s'est écoulé depuis qu'on a utilisé les anciennes matières d'une façon nouvelle pour répondre à des conditions nouvelles et depuis l'apparition des substances nouvelles, a été trop court pour qu'on ait pu recueillir les renseignements voulus et porter un jugement définitif sur tous les points demandés. Il n'y a pas un an qu'on a commencé à coordonner les efforts en vue de rassembler des données uniformes sur les points intéressants du sujet.

Mais il n'y a pas de doute que la perte de temps ne pouvait être évitée. Il fonctionne maintenant une Commission spéciale de la Société américaine des ingénieurs civils, dont la mission particulière est de réunir des renseignements uniformes et circonstanciés sur les liants bitumineux. La Commission fait un travail soigné et approfondi : les encouragements et les concours dévoués lui viennent de toutes parts. La Commission estime qu'il s'écoulera forcément du temps, plusieurs années même, avant qu'elle puisse arriver à des conclusions nettes, mais on espère que cette Commission pourra rendre de grands services aux spécialistes en faisant de temps à autre des rapports sur les renseignements qu'ils lui auront transmis, et en formulant à l'occasion un jugement précis sur tel ou tel point. Le long délai que, selon les prévisions, la Commission devra demander avant de clore ses travaux, est imputable, en grande partie, au défaut de renseignements de détail sur les ouvrages exécutés avant son institution.

D'une façon générale, on peut dire actuellement que les matières bitumineuses (dans l'acception courante du mot) comprennent les « liants » et les « lubrifiants ». Ces derniers peuvent servir à abattre la poussière, mais nous ne nous arrêterons pas ici à leur étude.

Les liants bitumineux doivent, avant tout, donner de la cohésion. Leur pouvoir d'adhérence à la pierraille doit être supérieur. Il doit, sinon égaler leur force de cohésion, du moins

être suffisant pour permettre leur application. En conséquence, un essai comme « l'essai de ductilité », permettant d'apprécier le degré d'étirage possible sans rupture, semble insuffisant pour déterminer la force de cohésion d'une substance donnée; il faudrait donc inventer une meilleure épreuve.

Les matières doivent être fluides au sens technique du mot, c'est-à-dire qu'elles doivent procurer au revêtement la possibilité de se réparer par lui-même et, autant que possible, être assez peu cassantes pour résister victorieusement aux cahots des voitures à bandages ferrés même par le temps le plus froid et le plus défavorable. Mais, si elles doivent braver les chocs par le froid, elles ne doivent pas, sous l'action de la chaleur, se fluidifier au point de pouvoir perdre leur stabilité dans le revêtement.

Elles devraient donc offrir comme caractéristique la plus grande constance possible eu égard aux conditions dans lesquelles elles doivent servir. (Les modes d'emploi sont examinés plus loin et l'on y verra que, dans certaines circonstances, il peut être avantageux qu'une partie de la matière employée présente un haut degré d'instabilité.) Si l'on y ajoute un fondant pour satisfaire à certaines conditions locales ou particulières, la substance matrice doit être de nature à conserver les propriétés susmentionnées, malgré la présence temporaire du fondant et nonobstant les altérations que peuvent lui faire subir les variations atmosphériques.

Pour être avantageux, un liant bitumineux devrait allier les propriétés ci-dessus à la faculté d'admettre le moins possible d'ingrédients inutiles ou même nuisibles.

Etant donné le peu que nous savons actuellement des effets de la majorité des ingrédients connus des liants bitumineux en général et tant que l'on ne connaîtra pas mieux les effets des substances elles-mêmes suivant les divers modes de préparation, il sera impossible d'indiquer exactement les analyses de laboratoire qui doivent être faites et la tolérance à admettre pour une substance que l'on veut employer avec succès dans certaines conditions. On peut déclarer avec assurance qu'il sera opportun de procéder à certaines analyses, semblables à certaines de celles dont l'expérience a démontré l'utilité pour le dallage d'asphalte, et ce, au moins, en vue d'avoir des données sur la valeur des nouvelles substances. Par exemple, il est établi pour le dallage d'asphalte que la

présence de paraffine dans le liant asphaltique est nuisible. Aussi une analyse pour le dosage de la paraffine dans les nouveaux liants se justifie-t-elle par l'utilité d'obtenir des données sur la proportion maximum dans laquelle la paraffine peut être admise sans préjudicier à la valeur des matières, étant donné les observations faites sur leur usage.

D'autre part, du fait que ceux qui emploient l'asphalte peuvent être d'accord sur la nocivité pour le bon effet du liant d'une très faible quantité de carbone à l'état libre, il ne s'ensuit pas forcément qu'il serait soit nécessaire, soit utile, de restreindre la proportion de carbone à l'état libre qu'on peut admettre dans les nouveaux liants, comme par exemple, les goudrons distillés. Le but ultime de toutes les analyses et recherches est de fournir les données permettant d'établir, dans les formules indicatives des résultats, les chiffres définitifs attestant la présence, dans la substance normale, des caractéristiques ci-dessus mentionnées comme nécessaires pour avoir un liant bitumineux qui donne satisfaction. Il faut encore faire la lumière sur ce point et il serait préférable que les indications viennent de beaucoup d'endroits. La Commission de la Société américaine des ingénieurs civils, dont nous avons l'honneur d'être le président, s'efforce de recueillir les renseignements qui lui semblent utiles, et nous demandons la permission d'exprimer ici notre sincère désir de voir les membres de ce Congrès fournir leur collaboration et leur concours à la Commission : nous sommes convaincus qu'il ne saurait y avoir pour elle de concours plus précieux.

Une fois qu'on aura pu préciser les propriétés d'un liant bitumineux satisfaisant et qu'on aura pu les exprimer dans des formules définitives en vue des conditions d'emploi à satisfaire, il restera à solutionner la question *b*) : « Comment faut-il employer le liant? »

Il peut y avoir deux méthodes, au moins en général :

1° « La méthode de mélange »;

2° « La méthode de pénétration ».

Ce sont les circonstances locales qui motivent souvent le choix entre elles. Actuellement les expériences et leurs comptes rendus ne sont pas assez nets pour permettre de comparer avec sûreté la valeur respective des deux méthodes dans leurs applications en général.

Les partisans de « la méthode de mélange » prétendent

qu'elle donne de meilleurs résultats avec une circulation intense, parce que l'on évite le gaspillage de liants bitumineux et qu'on obtient une plus grande uniformité de la distribution et du revêtement. Les partisans de « la méthode de pénétration » prétendent qu'on peut l'employer sans hésiter dans les circonstances où « la méthode de mélange » n'aurait pas raison d'être, comme, par exemple, pour l'aménagement d'une route macadamisée déjà existante en bon état, qui n'est devenu nécessaire que par suite d'une augmentation soudaine de la circulation automobile; — que l'inutilité des machines mélangeuses et la réduction des frais dans « la méthode de pénétration » compensent l'excédent de liant bitumineux employé; — et enfin qu'en opérant avec soin, on peut obtenir une uniformité suffisante sous tous les rapports. Il n'est pas démontré non plus ni théoriquement, ni pratiquement qu'en comblant les interstices irréductibles, ramenés au minimum de largeur, qui se trouvent dans la couche de pierraille du revêtement, à l'aide de cailloux fins, puis en appliquant le liant, on ne ferait pas mieux sous tous les rapports et on n'obtiendrait pas des résultats tout aussi bons, sinon meilleurs. Les comptes rendus ultérieurs, comme nous les demandions plus haut, jetteront sans doute un jour très vif sur beaucoup de ces points, surtout si l'on attache l'importance voulue aux recensements de la circulation.

Tout en connaissant parfaitement bien les travaux faits dans notre pays avec la « méthode de mélange », nous estimons qu'il vaudrait mieux laisser le soin de donner des détails sur son application à ceux qui sont chargés de ces travaux et qui y ont acquis le plus d'expérience; nous rendons compte, en conséquence, d'ouvrages récemment exécutés avec des liants bitumineux en suivant la « méthode de pénétration ».

En 1907, la ville d'Annapolis, dans le Maryland, a amélioré certaines rues représentant un total de 8 600 yards carrés (7 200 mètres carrés) en les dotant d'un « macadam goudronné » établi sous notre surveillance par la « méthode de pénétration ». Le macadam fut disposé comme d'ordinaire : on s'est servi de pierres calcaires dures, de couleur bleue, agrégées avec des criblures de même nature. Après cylindrage à refus et arrosage, on laissa le macadam sécher, puis on le balaya à la main pour éliminer toutes les ordures, poussières et fines particules de matériaux, non seulement jusqu'à ce que la

pierraille de la seconde couche fut à découvert, mais encore jusqu'à ce que les interstices des pierres fussent nets de toute fine particule et ce, sans déchausser le moins possible les pierres de cette seconde couche.

Le « tarvia » fut livré en tonneaux et chauffé dans un récipient portatif pouvant contenir trois tonneaux d'un coup, jusqu'à une température non connue (sans doute aux environs de 150°); puis on le répandit au moyen d'un tuyau fixé au récipient, sur le macadam nettoyé, à raison de 0,50 gallons par yard carré (2 l. 27 par mètre carré); on l'étala au moyen de balais refoulant la masse chaude et liquide sur la surface. Environ trois ou quatre heures après, les places où l'absorption était plus grande reçurent une nouvelle couche de goudron, jusqu'à ce que le macadam parût avoir partout un enduit uniforme d'environ 1/4 de pouce (6 mm.3) d'épaisseur. On fit alors un répandage bien égal, d'environ un pouce d'épaisseur, avec des cassures de pierre de grosseur variant entre 1/4 et 3/4 de pouce (6 mm. 3 et 1 cm. 9) dans le sens de la longueur; puis on cylindra et on livra le lendemain la route à la circulation. La surface, d'abord légèrement granuleuse, ne tarda pas à devenir unie comme un dallage d'asphalte. Par la suite, on n'y vit pas trace de poussière, sauf lorsqu'on négligeait d'enlever les ordures et déchets d'apport. Le revêtement ne fut pas trop glissant par les temps froids et pluvieux et ne s'amollit pas pendant les chaleurs; en général, il ressembla beaucoup à celui d'une rue asphaltée ou « bitulithique ». Il garda ses propriétés primitives, sans même s'écailler par endroits, pendant environ deux ans au bout desquels le goudron commença à dépérir, ainsi que le montra ce goudron qui ne voulait pas « reprendre », même par un temps chaud, dans les endroits où, pour une cause quelconque, il y avait solution de continuité. Depuis, on a renouvelé l'opération sur toute la surface; et il a semblé que l'ancien goudron recouvrait sa « vitalité » par une légère application du même goudron (peut être un petit peu plus clair); on a fait un recouvrement avec des cassures, comme la première fois; et maintenant le revêtement paraît en bon état pour une période qu'on espère un peu plus longue.

La pénétration du goudron dans le macadam a semblé être de 1 1/2 à 2 pouces (1 cm. 27 à 5 cm. 08) en général. Le prix du macadam par yard carré est revenu à 82 1/2 cents (21.27 par mètre carré); on l'étala au moyen de balais refoulant

(5 francs par mètre carré) et celui du goudronnage (y compris les criblures, etc) à 7 1/2 cents par yard carré (0 fr. 45 par mètre carré).

Depuis, nous avons été chargé de plusieurs travaux semblables et obtenu des résultats analogues et même meilleurs dans la plupart des cas. La plus grande difficulté a été de se procurer des liants bitumineux satisfaisants et uniformes; jusqu'au printemps 1909 au moins, il existait de telles différences dans les propriétés des liants bitumineux, même distillés, vendus dans le commerce, qu'il en résulta une entrave sérieuse à la réussite des travaux où on les employait. Un autre défaut de beaucoup de substances, comme la plupart des goudrons distillés, est leur tendance, déjà notée, à perdre apparemment leur « vitalité » et à devenir prématurément cassantes.

Avec la saison des travaux de 1909, les espèces de liants bitumineux vendus dans le commerce ont augmenté considérablement. Dans ces conditions et en raison du manque de renseignements généraux précis sur les propriétés de ces diverses substances, sur leur utilisation par diverses méthodes, et sur les résultats qu'on pouvait en attendre dans chaque cas, nous avons jugé à propos de faire des expériences, au moins dans une certaine mesure, avec quelques-unes d'entre elles, au cours des travaux ordinaires de notre circonscription.

En conséquence, une convention a été conclue entre l'Etat de Maryland et le comté de Baltimore (Maryland) pour le goudronnage d'une route appelée « Park Heights Avenue ». Le travail consistait à rhabiller une portion de route d'environ 8 milles de longueur commençant aux portes de Baltimore. Le recensement de la circulation sur la route donna une moyenne, sur cinquante-six heures réparties entre différents jours d'octobre et de novembre 1909, de 19 automobiles, 23 voitures à un cheval et 9 à deux ou plusieurs chevaux par heure (entre quatre heures du matin et huit heures du soir). La chaussée en macadam avait environ 8 yards de largeur et présentait une voie de tramway d'un côté et une chaussée en terre de 4 yards de largeur de l'autre.

Les travaux furent commencés en juillet 1909, à la fois aux portes de la ville et en un point éloigné de 10 kilomètres, et exécutés en se rapprochant du milieu et en employant les mêmes matières bitumineuses sur chaque section. L'ancien macadam était très usé par places et l'on commença par

piocher toute la surface du macadam jusqu'à une profondeur d'environ deux pouces (5 cm. 08). On étendit alors de la pierre (trapp vers la ville et calcaire sur l'autre section) d'une grosseur variant entre 1 et deux pouces en quantité suffisante pour uniformiser la surface en lui donnant un bombement de 6 pouces (15 cm. 24). On cylindra la pierraille à refus et en prenant bien soin de réduire les vides au minimum; on estime qu'on cylindra deux fois plus qu'à l'ordinaire. Sur cette pierraille passée au rouleau, on appliqua ensuite, par sections dont la longueur dépendait de la quantité de matière disponible, dix espèces de liants bitumineux. Un tableau en annexe à ce rapport indique les caractéristiques de ces liants dans la forme adoptée par la Commission de la Société américaine des ingénieurs civils. Le liant fut répandu chaud (entre 80° et 150° C.) et dans la plupart des cas en quantité suffisante pour combler les vides de la pierraille. Dans certains cas, on recouvrit la surface d'une pellicule de matière plus épaisse. La quantité employée a oscillé entre 5 gallons et 1 gallon 1 1/2 par yard (21 l. 65 et 6. l. 80 par mètre carré). Peu après le répandage du liant — généralement dans la soirée même — on a procédé à un recouvrement uniforme de 1/2 à 1 pouce (1 cm. 27 à 2 cm. 54) avec des cassures de 1/4 à 3/4 de pouce (0 cm. 63 à 1 cm. 90). Dès qu'on l'a pu, on a passé le rouleau jusqu'à refus. Tout endroit accusant un excès de liant à la surface, qu'il apparût soit au passage du rouleau, soit avec la circulation, soit à la faveur du soleil, fut saupoudré de sable propre (de rivière généralement) et l'on renouvela ce saupoudrage aussi souvent qu'il le fallut. Les travaux continuèrent jusqu'à la mi-novembre 1909, date à laquelle on a dû, en raison du mauvais temps, les suspendre jusqu'à l'année prochaine.

Il est trop tôt pour rendre compte des résultats de ces travaux, mais il peut être intéressant de raconter quelques incidents survenus à leur occasion et d'indiquer leur tenue jusqu'à ce jour. En premier lieu, on s'attendait à employer deux gallons de liant par yard carré et c'est à peu près justement ce que les interstices de la pierraille se sont trouvés contenir. Il ne tarda pas cependant à apparaître que l'emloi de cette quantité d'une matière asphaltique (comme le n° 1 surtout du tableau) soulevait de sérieuses objections. Même dans les endroits où on ne laissait aucune épaisseur de liant sur la pier-

raille, il arrivait que sous l'action du cylindre ou même simplement du soleil, la matière n° 1 refluait à travers les criblures et le sable de recouvrement, de sorte qu'il fallut saupoudrer plusieurs fois avec du sable et qu'il existe maintenant sur ces parties de la route une « chape » de sable et de criblures goudronnées, d'une épaisseur de 1 pouce 1/2 (3 cm. 81) au-dessus de la pierraille. Il est tout à fait possible que cette épaisseur ait besoin d'être augmentée à l'approche de la saison chaude.

Bien qu'on puisse soutenir qu'en fin de compte, la présence de cette « chape » est précieuse pour plusieurs raisons, nous l'avons trouvée plus ou moins critiquable pendant la période qui s'est écoulée jusqu'à présent. Pendant le peu de temps de son existence, l'excès de matière bitumineuse légère, sans avoir assez d'adhérence pour amener « l'enlèvement par croûtes » ou le détachement de petites parties de la « chape », a néanmoins soulevé des plaintes en raison des taches qu'il faisait aux voitures. Lorsqu'on ajouta du sable pour absorber la matière fluide refluant à la surface et que l'épaisseur de la « chape » commença à devenir appréciable, on remarqua que la résistance à la traction s'en trouvait considérablement accrue surtout pendant les heures de pleine chaleur, au point d'être très gênante dans bien des cas. Les effets de cet excès de liant qui ne paraît pas nécessaire, ont diminué graduellement avec le temps et ne se font plus sentir réellement aujourd'hui (novembre 1909). Il se pourrait qu'ils réapparaissent l'été prochain, bien que la déperdition relativement considérable subie par la matière dans les essais d'évaporation et l'accroissement de dûreté des résidus après l'évaporation à différentes températures (voir le tableau) laissent fermement espérer qu'à l'approche de la saison chaude, la « chape » sera assez « prise » pour ne plus soulever de récriminations sous ce rapport.

Essayant de tirer parti de la première expérience ci-dessus rapportée, nous avons réduit la quantité par yard carré de ce liant (n° 1, appliqué entre le 1er juillet et le 15 août) à 1,7 gallon (5 l. 18 par mètre carré), au lieu de plus de 2 gallons (9 l. 06) comme la première fois, et les inconvénients relatés s'en sont trouvés corrélativement diminués. D'ailleurs, cette matière à donné satisfaction sous tous les rapports.

La matière n° 2 (appliquée entre le 1er septembre et le 15 octobre) semblait analogue au n° 1 par maints côtés, sauf

qu'elle était beaucoup plus fluide. Cet excès de fluidité était critiquable en ce qu'il devenait difficile de combler les interstices vers le sommet de la chaussée sans perdre beaucoup de matière sur les côtés, et l'impossibilité d'empêcher le débordement d'une certaine quantité de liant de chaque côté de la chaussée sur les accotements donnait lieu à de nombreuses plaintes en raison des souillures qui s'ensuivaient.

On surmonta en partie ces difficultés en recouvrant de gravier les côtés de la chaussée dès que le liant y apparaissait à la surface de la pierraille, puis en reprenant le répandage pour saupoudrer graduellement de gravier en se rapprochant du milieu. La matière sembla refluer moins que le n° 1 à travers le gravier. Sauf ces points, les résultats parurent être analogues à ceux du n° 1, bien que cette matière n° 2 ne « prît » pas aussi rapidement non plus que le n° 1. En raison de sa fluidité, la quantité de liant employée par yard carré a été d'environ 3 gallons 1/2 (15 l. 86 par mètre carré).

La matière n° 3 (appliquée entre le 1er septembre et le 1er octobre) était toute spéciale. Il y a quelque trente ans, du pétrole brut fut livré à Baltimore, venant des sources de la Virginie occidentale et de la Pennsylvanie et l'on en retira du pétrole à brûler. Le pétrole à brûler fut distillé du pétrole brut et le résidu passé ensuite à l'acide sulfurique concentré. L'acide enleva les ingrédients goudronneux et asphaltiques et le mélange d'acide et de brai fut vendu à une Compagnie d'engrais. La Compagnie dilua le mélange qui précipita le brai et permit de récupérer l'acide. Le résidu fut déchargé dans une dépression voisine des usines d'engrais et, avec le temps, s'aggloméra en une masse d'une trentaine ou d'une quarantaine de milliers de tonnes. Elle resta là une vingtaine ou une trentaine d'années, exposée plus ou moins à la pluie et à ses effets légèrement salins. Il y a quelque deux ans, une Société surgit, qui mit en vente cette matière pour être employée sur les routes. La matière issue du monceau fut additionnée de calcaire pour neutraliser les traces d'acide, puis chauffée dans des récipients. On la fit bouillir ensuite dans une chaudière à gueule bée pour faire évaporer l'eau et chasser les fines poussières; puis on y ajouta comme fondant soit du pétrole asphaltique du Texas, soit du goudron de houille des usines voisines, préalablement distillé pour en enlever l'eau. Le premier emploi qu'on fit de ce composé eut lieu il y a un

peu plus d'un an, dans le comté de Baltimore, sur une bonne chaussée en macadam construite quelques années auparavant, qu'on nettoya complètement et sur laquelle on appliqua le composé chaud, avec un recouvrage de criblures. Le revêtement obtenu par ce procédé présente l'aspect d'un dallage d'asphalte et donne toute satisfaction jusqu'à présent.

Dans les travaux de cette année sur la « Park Heigts Avenue », la méthode suivie pour son emploi fut la même que celle décrite ci-dessus pour les matières n°s 1 et 2. Cette matière n° 3 nous fut fournie épaisse, dans un état de viscosité plus grande à la température normale que les n°s 1 et 2 et demanda plus de chauffage. Elle ne se perdit pas sur les bords comme ces dernières et ne donna pas autant de peine en refluant à la surface à travers les criblures. Elle « prit » beaucoup plus rapidement et les résultats encore récents semblent être bien meilleurs. On en a consommé environ 3 gallons par yard carré (13 l. 59 par mètre carré).

La matière n° 4 (appliquée entre le 1er septembre et le 15 novembre) était du goudron de houille distillé. Il y a un an, notre service en consomma environ 800 gallons (3 027 litres), avec pleine réussite, sur 700 yards carrés (585 mètres carrés) de vieux macadam en bon état. Les résultats furent des plus satisfaisants sous tous les rapports : on a obtenu un revêtement comparable à un bon dallage d'asphalte, ni trop mou en été, ni trop cassant en hiver ; aussi, malgré les préventions de certaines gens contre le goudron de houille, on en a employé une quantité considérable (21 000 gallons, 79 464 litres) dans les travaux de cette année. Cette année-ci, le goudron a été fourni par un autre producteur, mais il ressemblait sous tous les rapports à celui qui avait si bien réussi en 1908. On en a employé de deux sortes (n° 4 et n° 4-A). Le n° 4-A était légèrement plus clair. Leurs effets et résultats semblent être analogues à ceux du n° 3. On en a consommé environ 3 gallons par yard (13 l. 59 par mètre carré).

Le n° 5 (appliqué entre le 15 septembre et le 15 octobre) paraît être, à ce que l'on suppose, un goudron de houille distillé mis en vente par une Société qui avait obtenu le plus grand succès dans l'emploi du goudron minéral sur les revêtements, ce qui est d'ailleurs le principal objet de son entreprise. Cette matière nous parvint légèrement plus épaisse et

moins fluide que le nº 4. On en a consommé 3 gallons 1/2 par yard carré (15 l. 86 par mètre carré).

Le nº 6 (appliqué entre le 10 et le 20 octobre) était un goudron de houille fabriqué et lancé par une Société constituée exprès dans ce but. Il semblait avoir à peu près la même épaisseur que le nº 2. On en a consommé environ 5 gallons par yard carré (22 l. 65 par mètre carré).

Le nº 7 (appliqué entre le 1er août et le 15 septembre) était un goudron de houille distillé, commandé dans la maison qui avait fourni le goudron de houille employé avec tant de succès en 1908. Toutefois, à la livraison, il parut beaucoup trop fluide pour donner des résultats satisfaisants et dès qu'on s'en servit, on constata qu'il était nécessaire de faire un recouvrage complet sauf sur un millier de yards carrés où l'on employa le nº 4-A pour améliorer les résultats. Une enquête montra que, bien qu'on eût suivi pour l'établir la même formule que pour le goudron de 1908, un changement de nature de l'huile employée à l'usine pour la carburation du gaz avait eu pour effet de produire un goudron distillé tout différent. Par suite, on cessa d'employer cette matière spéciale.

Avec tous les goudrons, sauf le nº 7, les résultats pratiques semblent être à peu près les mêmes et tout à fait semblables à ceux obtenus avec le nº 3. Ils semblent plus adhérents que les « huiles asphaltiques » et ne donnent pas autant de peine en refluant à travers les couches supérieures; ils ne se perdent pas non plus autant sur les bords de la chaussée. Leur « prise » est beaucoup plus rapide. Il est trop tôt pour juger de leur vitalité respective, de leur tendance à devenir cassants par le froid, ou à « s'enlever par plaques », et aussi des effets de la circulation sur ces goudrons. En général, les goudrons de houille distillés ont été les plus faciles à appliquer, car ils semblent acquérir une fluidité plus grande par un chauffage modéré. Il est déjà parvenu quelques réclamations venant de ce que le nº 4 serait trop glissant en hiver.

Le nº 8 (appliqué entre le 1er et le 15 novembre) consistait en une petite quantité (500 gallons) d' « huile lourde cohésive » donnée par une maison dont les principaux articles sont le pétrole à brûler et les lubrifiants. On l'a employée à titre d'essai en vue de confirmer ou d'infirmer les allégations des

producteurs relativement à sa valeur dans ces travaux. En apparence, elle était semblable au n° 2; ses effets et résultats jusqu'ici ont été les mêmes que ceux du n° 2. On en a employé environ 3 gallons 1/2 par yard carré (15 l. 86 par mètre carré).

On surveillera attentivement les travaux de cette année et on les étudiera pour en donner une analyse conforme au tableau ci-joint.

Il n'est pas humainement possible de réaliser la perfection par ce modèle d'analyse (adopté par la Commission de la Société américaine des ingénieurs civils); mais nous l'estimons aussi bon, sinon meilleur que tous ceux qu'on a proposés jusqu'à ce jour. Nous convenons que l'analyse de « l'épaisseur ou viscosité » telle qu'elle est comprise dans la formule ne nous satisfait pas. Elle ne nous semble pas être un indice véritable de la viscosité de la matière étudiée, mais, à défaut de meilleur critérium, on est forcé d'accepter celui-là. Nous espérons qu'on découvrira bientôt une méthode plus satisfaisante pour déterminer et exprimer la viscosité d'une matière et nous travaillons actuellement à un essai qui semble promettre pour l'avenir.

Cependant, si l'on a adopté en général ce modèle depuis un temps relativement court, il se peut très bien qu'une partie soit reconnue de réelle valeur et qu'en prenant ce modèle pour base on puisse découvrir plus rapidement un modèle plus pratique.

En comparant les résultats obtenus dans diverses localités, et en analysant de façon uniforme les matières employées, on peut espérer d'élucider promptement certains points contestés relativement aux effets de certains ingrédients de ces matières. Par exemple, des personnalités en vue prétendent que la présence de carbone à l'état libre dans un liant bitumineux est un défaut. Le goudron de houille que nous avons employé en 1908 ne contenait que 2/10 p. 100 de carbone à l'état libre. La Société fournissant la matière n° 5 a employé avec beaucoup de succès, dans la construction de grandes sections en macadam dans ce pays, du goudron de houille analogue, sous tous les rapports, au n° 5, sauf qu'en appliquant la méthode de mélange elle pouvait se servir d'un goudron plus épais ou moins fluide; or, dans ce

goudron, la proportion de carbone à l'état libre atteignait jusqu'à 35 p. 100. Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu de dire actuellement que la teneur en carbone à l'état libre constitue un critérium infaillible pour juger de la valeur probable d'un goudron et de la vitalité qu'il promet, surtout lorsque l'on a employé depuis au moins dix ans avec succès du goudron à forte teneur en carbone.

Comme nous l'avons expliqué, les diverses matières employées ont été appliquées à des températures variant entre 80° et 150° C. Certaines semblent demander, pour faciliter la manutention, plus de chauffage que d'autres. Le n° 2 aurait pu être très bien appliqué à une température ne dépassant pas 40° C., alors que le n° 4 ne coulait pas ou ne pénétrait pas aisément à moins d'être chauffé à 135° C. au minimum. La matière destinée à la section voisine de la ville fut entièrement livrée dans des wagons citernes à une gare distante du milieu de la section d'environ 1/2 mille (800 mètres); elle fut chauffée à la vapeur sous une pression d'environ 50 livres (22 kilogrammes). Par une température ambiante de 30° C., la déperdition de chaleur pendant le transport du wagon jusque sur la route a varié entre 1° et 10° C. Avec une température ambiante de 15° C., la déperdition a atteint 25° C. La matière destinée à la section la plus éloignée de la ville fut livrée en tonneaux et chauffée par un feu allumé sous une chaudière transportable contenant environ 250 gallons (1 135 litres).

Dans les travaux que nous avons dirigés cette année, nous nous sommes efforcés de rejeter toute matière dont la réussite pourrait être douteuse pour une raison ou pour une autre. L'avis général, qu'une teneur en paraffine de plus de 2 p. 100 avait été préjudiciable dans les travaux de dallage d'asphalte, nous a conduit à exclure toute matière en contenant une plus grande proportion et nous en pouvons dire autant pour les composés asphaltiques contenant plus de 5 p. 100 de carbone à l'état libre. Toutefois nous nous réservons de juger à propos, une autre année, d'essayer précisément ces matières dans nos travaux. L'idée que le résidu des solutions de naphte possédait un grand pouvoir d'adhérence a eu pour effet également de limiter notre choix. Il va de soi que nous n'avons pas expérimenté toutes les matières présentant les caractéristiques désirables; nous espérons avoir l'occasion, une

autre année, d'étendre considérablement la liste des substances employées.

Comme nous le déclarions dans le rapport présenté en 1908 au Congrès de Paris (nº 25 *bis*), il nous semble qu'il y a deux manières de procéder, dans la construction des routes, avec des liants bitumineux : « L'une consiste à utiliser le macadam comme fondation, pour le recouvrir d'une « chape » ou couche supérieure de matériaux fins mélangés avec une certaine espèce de liant bitumineux. L'autre méthode consiste à renforcer la cohésion de la surface d'usure du macadam lui-même soit en l'imprégnant, s'il est déjà construit, d'un produit bitumineux suffisamment fluide pour pénétrer comme il faut, soit, s'il est en cours de construction, en ajoutant un liant bitumineux à la pierraille de la couche d'usure au moment même où on l'établit ». Et plus loin : « Nous estimons que les principes ci-dessus rappelés de Trésaguet et de macadam doivent être suivis à la lettre si l'on veut obtenir le maximum de réussite et que tout écart ne peut avoir pour effet que de donner une chaussée de qualité inférieure. Les essais tentés en vue d'établir sur le macadam une chape de criblures avec un produit bitumineux, afin de remédier soit à la production de boue ou de poussière, soit à la dislocation de la surface d'usure du macadam ordinaire occasionnée par la circulation automobile, doivent être considérés comme un abandon du macadam, sauf en ce qui concerne la fondation, et comme des efforts faits pour découvrir des succédanés aux revêtements d'asphalte. Il se peut très bien qu'on trouve pratiques certains de ces succédanés dans des situations où le macadam, auparavant satisfaisant, ne peut plus convenir, mais si l'on considère le coût et la durée de ces revêtements, on conviendra, sans aucun doute, qu'il existe entre le macadam ordinaire et l'asphalte une marge considérable où peut figurer très avantageusement un macadam construit comme il faut avec un liant de goudron ».

C'est avec ces idées que l'on commença les travaux de Park Heights Avenue, en voulant éviter de construire une chape par dessus le macadam et en cherchant à réaliser un véritable revêtement en macadam où les interstices seraient comblés par un liant bitumineux et par des cailloux de petite dimension. Comme nous l'avons indiqué, il fut absolument nécessaire d'établir une chape dans la dernière période des

travaux et elle existe probablement encore avec une épaisseur de 1/2 à 1 pouce 1/2 (1 cm.27 à 3 cm. 81) sur les 35/100 de la superficie ainsi aménagée. Il est sans doute heureux qu'une autre occasion de faire des comparaisons nous soit ainsi procurée.

Pour conclure, nous désirons exprimer l'espoir, puisque les ingénieurs de la route et le public en général s'intéressent à l'emploi de liants bitumineux dans la construction des routes, de voir les ingénieurs, de leur côté, agir suivant un plan concerté. L'incertitude qui règne sur bien des points en cette matière peut être imputée à coup sûr au manque regrettable de comptes rendus venant de différentes sources et établis suivant un modèle comparable. De plus, nous désirons insister sur l'idée que le problème, dans son intégralité, est du ressort des ingénieurs. Naturellement, il faudra consulter les chimistes dont le concours sera précieux en cette matière, mais les annales du passé montrent que même les chimistes les plus éminents, soit dit sans que nous ayons la moindre intention de les critiquer ou de leur manquer de respect en quelque façon, connaissent assez peu la théorie et la pratique de la construction des routes pour qu'on puisse leur dénier toute compétence en ce qui concerne nombre de questions soulevées par la route. Par suite, pour obtenir une solution prompte et satisfaisante des questions à trancher, les ingénieurs seuls doivent s'en occuper et y appliquer toutes leurs facultés, en coordonnant leurs efforts et en se documentant auprès des meilleurs chimistes.

Baltimore, Maryland, November, 1909

Walter Wilson CROSBY

(Trad. Blaevoet).

5587. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Tableau montrant l'analys

employées en 1909 sur PARK HEIGHTS

ANALYSE	1 (5)	2 (2)	3 (2)	4 (1)
Matières solubles dans l'eau	Néant	Néant	Néant	Néant
Carbone à l'état libre, insoluble dans le sulfure de carbone	Traces (1) 0.14 % (4)	0.24 %	2.95 %	0.066 %
Insoluble dans le tétrachlorure de carbone	0.129	0.33 %	4.525 %	
Cendre	Traces (4) 0.20 % (1)	Traces (1) 0.56 % (1)	8.12 %	0.05 %
Carbone fixe moins Carbone à l'état libre	7.17 %	5.46 %	5.51 %	25,55 %
Densité	0.9551	0.9788	1.75	1.201
Viscosité à 100° C. (Engler)	349 Sec.	150 Sec.	990 Sec.	302 Sec.
Appareil Lunge pour l'essai du goudron, à 100° C.			9 Sec.	
Appareil Lunge pour l'essai du goudron, à 25° C.	Trop dur (1) 86 Sec. (4)	36 Sec.	473 Sec.	358 Sec.
Déperdition à l'évaporation à 105° C., 21 heures, plateau de 3 pouces 1/2	12.5 %	1.85 %	7 %	9.5 %
Pénétration de ce résidu à 4° C.	59.1	Trop mou	16	Trop du
Pénétration de ce résidu à 25° C.	Trop mou (1) 130 (4)	Trop mou	62.5	13
Point de fusion de ce résidu	39.60 C.	Trop mou	48° C.	58° C.
Déperdition à l'évaporation à 170° C., plateau de 2 pouces 1/2, 3 heures	14.1 %	2.8 %	14.75 %	17.5 %
Déperdition à l'évaporation à 170° C., plateau de 2 pouces 1/2, 5 heures	16.6 %	3.81 %	17.5 %	22 %
Pénétration de ce résidu à 4° C.	Trop dur (1) 35 (4)	Trop mou (1) 214 (1)	6.5	Trop du
Pénétration de ce résidu à 25° C.	Trop dur (1) Trop mou (1) 116 (3)	Trop mou	17.5 %	Trop du
Point de fusion de ce résidu	50° C.	Trop mou	72.5° C.	79° C.
Déperdition à l'évaporation à 205° C., 3 heures	25.25 %	4.22 %	21.75 %	26 %
Déperdition à l'évaporation à 205° C., 5 heures	28.2 %	6.35 %	27 %	29 %
Pénétration de ce résidu à 4° C.	Trop dur (1) 23 (4)	146 (1) Trop mou	2	Trop du
Pénétration de ce résidu à 25° C.	Trop dur (1) 74.5 (4)	Trop mou	6.50	Trop du
Point de fusion de ce résidu	69.2° C.	8° C. (1) Trop mou	87.5° C.	87° C.
Teneur en paraffine	0.94 %	0.42 %	0.49 %	
Solubilité dans du pétrole à 88°	77 %	93.9 %	69.95 %	
Nature du résidu évaporé sur plaque de verre	Gluant	Gluant	Gluant	
Température à laquelle commence la distillation				214° C.
Température de la pièce portée à 105°				Néant
De 105° à 170° C.				Néant
De 170° à 225° C.				0,5 %
De 225° à 270° C				3 %
De 270° à 300° C.				10 %
Température à laquelle la quantité du produit distillé égale le pourcentage de déperdition a l'évaporation à 105° C.				298° C.

NOTA. — Toutes les pénétrations sont données à l'aiguille type n° 2, de 100 grammes de charge. — L

des matières bitumineuses

VENUE, Comté de Baltimore (Maryland).

NOMS DES MATIÈRES						
4 A (4)	**5** (2)	**6** (1)	**7** (3)	**8** (1)	**9** (1)	**Observations**
Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	Les analyses sont faites dans la forme et suivant la méthode prescrites par la Commission spéciale de la Société américaine des Ingénieurs civils, instituée par le Bureau de la Direction pour faire des recherches et des rapports sur les matières bitumineuses employées dans la Construction des Routes. De plus, on mentionne également, pour permettre la comparaison avec d'autres comptes rendus d'expériences, les déperditions à l'évaporation à 105° pour des périodes de 3 heures et 5 heures, ainsi que la pénétration et les points de fusion des résidus; les déperditions au bout des 3 heures d'évaporation à 170° et à 205°; les températures initiales de distillation et la température à laquelle la quantité de produit distillé égale la déperdition par suite d'évaporation à 105° pendant 5 heures.
1,0 %	28.17 %	24.19 %	1.20 %	0.19 % 0.23 %	28.59 %	
Traces	0.16 %	0.08 %	0.5 % (1) Traces (2)	Traces	Traces	
21.79 %	9.33 %	8.43 %	13.27 %	12.79 %	6.39 %	
1.158	1.25	1.224	1.316	0.963	1.235	
149 Sec.	264 Sec.	169 Sec.	20 Sec.	2595 Sec.	162 Sec.	
750 Sec.	531 Sec.	709 Sec.	Trop fluide	917 Sec.	373 Sec.	
11.4 %	12.6 %	12.75 %	36.2 %	Néant	9.75 %	
4.33 (3) Trop dur	Trop dur	Trop dur	Trop dur	32	3	
29	20	13	25 (2) Trop dur (1)	161	28	
55° C.	55° C.	60° C.	53° C.	42° C.	48° C.	
17.68 %	17.48 %	13.90 %	36.5 %	0.9 %	9.90 %	
25.45 %	21.6 %	17.10 %	40.7 %	1.35 %	13.75 %	
Trop dur	Trop dur	Trop dur	Trop dur (2) 30 (1)	25	Trop dur	
Trop dur	Trop dur (1) 15 (1)	Trop dur	Trop dur (2) 120 (1)	125	19.0	
80° C.	67° C.	73° C.	67.8° C.	50° C.	50° C.	
24.73 %	9.57 %	18 %	33 %	1.85 %	14.25 %	
30 %	26.27 %	22.10 %	38.5 %	2.90 %	19.25 %	
Trop dur	Trop dur	Trop dur	Trop dur (2) 12 (1)	21	Trop dur	
Trop dur	Trop dur (1) 8 (1)	Trop dur	Trop dur (2) 65 (1)	76	2	
91° C.	79° C.	76° C.	79° C.	66° C.	71° C,	
	38.8 %	–	38.8 % Légérem. gluant	1.49 % 80.80 % Gluant		
212° C.	165° C.	186° C.	129° C.	223° C.	130° C.	
Néant (3) 0.5 (1)	5 % eau (1) Néant	Néant	Néant	Néant	Néant	
Néant	0.5 % (1) Néant (1)	Néant	Néant (1) 3.05 % (2)	Néant	0.4 %	
0.2 %. (2)	1.5 %	1.4 %	13.9 %	0.1 %	1.3 %	
2.5 %	8.4 %	5.7 %	24.6 %	2 %	12.1 %	
14.2 %	14.1 %	17.3 %	29.4 %	10.2 %	19.7 %	
291° C.	280° C.	290° C.	288° C.	296° C.	260° C.	

hiffres entre parenthèses ( ) indiquent le nombre d'échantillons dont on s'est servi pour faire la moyenne.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

AUSTIN B. FLETCHER
M. Am. Soc. C. E.
Secretary, Massachusetts Highway Commission
Boston

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

ENDUITS PROTECTEURS POUR ROUTES MACADAMISÉES

(Méthode du Massachusetts)

Le Massachusetts est l'un des plus petits Etats de l'Union ; sa superficie est approximativement de 8 179 milles carrés. La population, accusée par le recensement de 1905, était de 3 003 680 âmes. On a évalué la longueur totale de ses routes à 20 531 milles (33 034 kilomètres), dont environ 1 800 (2 900 kilomètres) suivent les principaux itinéraires. Il y a donc, dans l'Etat, 2,5 milles (4 km. 029) de route par mille carré, et 6,8 milles (10 km, 941) par millier d'habitants.

Depuis 1893, la Commission des chaussées au nom du gouvernement, s'est occupée activement de l'amélioration des principaux itinéraires qui relient les centres et, à l'heure actuelle, les routes perfectionnées dans ce but et désignées sous le nom de « routes nationales », représentent environ 800 milles (127 kilomètres). Presque toutes les routes ainsi construites sont en macadam.

De ce que les routes nationales suivent, pour la plupart, les principaux itinéraires, il résulte que les automobiles les parcourent beaucoup, et à toute vitesse. Le coût d'entretien annuel de ces routes a passé, dans les trois dernières années, d'environ 100 dollars par mille à environ 500 (de 322 francs par kilomètre à 1 620 francs) et, comme les chaussées ont en moyenne 15 pieds de largeur (4 m. 57), le coût d'entretien par yard carré et par an s'est élevé de 1,14 cents à 5,70 (de 0 fr. 0682 par mètre carré à 0 fr. 4092). Il n'est pas juste de dire que toute l'augmentation du coût d'entretien est imputable à la circulation automobile, car il est évident qu'il ne suffit pas de 1,14 cents par yard carré annuellement pour faire face aux frais de rechargement, même quand les routes ne desservent qu'une circulation de véhicules à chevaux, et une estimation faite avant la multiplication des automobiles montrait qu'il aurait fallu environ 2,25 cents par yard

carré et par an, avec les conditions de la circulation à cette époque, pour les entretenir convenablement. Le fait est qu'un grand nombre des chaussées susvisées approchaient alors du moment où il aurait fallu les recharger. L'automobile n'a fait que précipiter et accentuer l'urgence de ces rechargements. Le tableau suivant montre l'accroissement rapide du nombre des automobiles circulant dans le Massachusetts entre les années 1903 et 1909 :

Années.	Nombre d'automobiles immatriculées.
1903	3.241
1904	3.772
1905	4.889
1906	6.572
1907	9.020
1908	18.052 [a]
1909	23.902 [a]

[a] Renouvellements d'immatriculation.

Les chiffres ci-dessus ne comprennent pas les motocyclettes.

Non seulement le nombre des automobiles a augmenté, mais aussi leur propension à faire de la vitesse a suivi la même progression en raison de la tendance qui s'accentue chaque année de renforcer la puissance. En 1903, il n'y avait que 14 % des automobiles ayant plus de 10 chevaux ; en 1908, 78 % avaient une puissance supérieure à 10 chevaux.

Le changement des conditions de la circulation s'est aussi révélé au cours de certaines études sur la circulation, faites par la Commission en août et en octobre 1909. Plus de 235 postes d'observation de la circulation furent établis le long des routes nationales, et le tableau suivant montre la nature de la circulation pendant les mois considérés :

Nombre total de véhicules par jours de 14 heures.

	A CHEVAUX.			AUTOMOBILES[1].			
	Voitures légères.	Poids lourds.	Total.	Voitures de courses.	Voitures de tourisme.	Total.	Total général.
Août	19.622	17.969	37.591	5.922	21.387	27.309	64.900
Octobre	16.456	17.967	34.423	3.995	14.514	18.509	52.952

(1) Motocyclettes non comprises.

Moyennes quotidiennes par poste d'observation.

	VOITURES A CHEVAUX.			AUTOMOBILES			
	Voitures légères.	Poids lourds.	Total.	Voitures de courses.	Voitures de tourisme.	Total.	Total général.
Août (237 postes)	83	76	159	25	90	115	274
Octobre (240 postes)	69	75	144	17	60	77	221

En 1903, les automobiles étaient petites et elles ne circulaient, pour la plupart, que dans les localités où leurs propriétaires habitaient.

La mesure dans laquelle on s'en servait pour le tourisme était si faible que leur influence sur les routes nationales du Massachusetts était pratiquement nulle. Mais, en six ans, leur nombre et leur facilité de déplacement se sont accrus de telle sorte qu'on peut dire, à juste titre, que, pendant les mois de juillet et d'août, 42 % de la circulation totale sur les routes nationales sont afférents à l'automobilisme et que, pendant le reste de l'année, quand le temps, la neige et la glace ne s'y opposent pas, 35 % de la circulation routière reviennent à l'automobilisme.

Il n'est pas besoin de discuter les effets des automobiles à rapide allure sur les routes nationales. Il suffit de dire que les routes macadamisées du Massachusetts en ont souffert de la même façon qu'elles le font dans tous les autres Etats et Pays. Comme d'autres administrateurs de la route, la Commission du Massachusetts a procédé aux expériences ordinaires avec les goudrons et autres composés bitumineux, afin de réduire au minimum la dégradation causée par les automobiles.

Pour faciliter l'intelligence de ce qui suit, il est nécessaire d'exposer brièvement le mode de construction des routes macadamisées ci-dessus mentionnées.

Dans tous les cas, après que la fondation a été convenablement égalisée, mise au profil et cylindrée, on répand la pierraille, invariablement concassée à la machine, en lits ou couches dont l'épaisseur dépend de la nature du sous-sol et de l'importance de la circulation. Quand le sous-sol est de constitution solide, il faut une épaisseur normale de macadam, après cylindrage, de 6 pouces (15 cm. 24) au milieu et 4 pouces (10 cm. 16) sur les côtés de la chaussée. La couche inférieure se compose

ordinairement de pierres de 1[1] pouce 1/4 (3 cm. 17) à 2 1/2 (6 cm. 33) de grosseur ; la couche supérieure ou d'usure, de pierres de 1/2 pouce (1 cm. 27) à 1 1/4 (3 cm. 17). L'épaisseur des couches est ordinairement de 4 pouces (10 cm. 16) pour la couche inférieure et de 2 (5 cm. 08) pour la couche supérieure, au milieu de la chaussée. Sur chaque couche passe un rouleau à vapeur de 10 à 15 tonnes ; le nivelage se fait à l'aide de pierres de même grosseur que celles employées pour la couche correspondante. Après la compression des deux couches jusqu'à refus, on répand des criblures de pierre concassée contenant de la fine poussière, on arrose et on comprime jusqu'à ce que le liant, résultant du mélange de la fine poussière avec l'eau, reflue à la surface, ce qui indique que les interstices entre les pierres sont comblés.

Pour une route de 15 pieds (4 m. 57) de largeur ainsi construite, avec du trapp (d'environ 3,0 de densité), il faut 2 000 livres (906 kilogrammes) de pierraille sur 3,13 yards carrés (3 mq 59) (1).

Les routes du Massachusetts établies de cette façon satisfaisaient admirablement aux exigences de la circulation d'autrefois ; mais il n'est pas de chaussée « cimentée à l'eau » (c'est l'appellation courante) qui résiste victorieusement aux ravages des automobiles rapides d'aujourd'hui.

Au cours des années 1908 et 1909, pour les rechargements et les constructions nouvelles de routes nationales, on a eu recours, sur un certain nombre de kilomètres : *a*) soit à l'incorporation d'huile asphaltique comme liant, dans la couche supérieure ou d'usure du macadam ; *b*) soit au mélange de goudron, d'asphalte ou d'huile asphaltique avec les pierres de la couche d'usure avant leur répandage. Dans la plupart des cas, on appliquait à la surface un enduit ou badigeonnage de goudron ou d'asphalte, mais parfois, on s'en est dispensé.

L'expérience de 1908 a paru démontrer que l'enduit superficiel est nécessaire, que l'on fasse pénétrer la matière bitumineuse comme liant dans les interstices de la couche d'usure, ou que l'on revête la pierraille avant son répandage. Si l'enduit n'est pas appliqué au moment où l'on pose la pierraille, il apparaît comme indispensable l'année suivante, et quand il se trouve usé par la circulation, il doit être renouvelé si l'on veut assurer l'intégrité de la route.

(1) Pour plus de détails sur ce mode d'exécution et sur le prix de revient, sur d'autres formules américaines, etc., voir bulletin n° 29. Ministère de l'Agriculture des États-Unis, Direction des voies publiques, intitulé « Construction des routes macadamisées, 1907. »

Les fonds manquant pour des aménagements aussi coûteux que le rechargement des grandes routes par les méthodes de pénétration ou de mélange, la Commission s'est trouvée amenée à adopter, sur une grande échelle, le système de l'enduit protecteur, pour le cas où les chaussées ne sont pas trop endommagées.

Le procédé ne diffère pas essentiellement du goudronnage pratiqué en Angleterre et en France, mais il est à présumer qu'on connaît peu, dans ces pays, l'utilisation de l'huile asphaltique. On effectue ce genre de travaux, sur les chaussées du Massachusetts, de la façon suivante : On commence par faire les emplois partiels nécessaires et par cylindrer, pour obtenir un revêtement aussi solide et uni que possible. On balaie alors toute la poussière qui reste ordinairement, avec des balayeuses à chevaux, et l'on nettoie la surface à vif aussi bien que possible, de façon que la matière bitumineuse appliquée sur elle y adhère le plus fortement possible. Puis, on applique à chaud, sur le revêtement ainsi nettoyé, la matière bitumineuse, huile ou goudron, soit à l'aide de distributeurs où le liquide coule par son propre poids, soit à l'aide de machines à aspersion en une couche uniforme, à raison d'un quart ou d'un demi-gallon par yard carré ; immédiatement après, on fait un répandage de sable, de gravier fin ou criblure de pierre pour absorber l'excès d'huile ou de goudron, et l'on passe le rouleau à vapeur sur la chaussée.

Avec une seule machine à aspersion, on a traité en 1909, 212 681 yards carrés (177 800 mètres carrés) de chaussées macadamisées, au prix de revient moyen de 5,59 cents par yard carré (0 fr. 3342 par mètre carré). Dans presque tous ces travaux, on s'est servi d'huile asphaltique, à raison de 0,312 gallons par yard carré en moyenne (1 l. 41 par mètre carré). On a appliqué les matériaux de recouvrement, consistant soit en sable, soit en gravier fin, soit en criblures de pierre, à raison de 0,013 yard cube par yard carré (0 mc. 012 par mètre carré) ou, autrement dit, sur une épaisseur après cylindrage de 0 pouce 47 (1 cm. 22). La matière bitumineuse coûte en moyenne 1 cent 69 par yard carré (0 fr. 10 par mètre carré). Le sable ou les autres matériaux de recouvrage coûtent 1 dollar 20 par yard cube (6 fr. 78 par mètre cube) ou 1 cent 56 par yard carré (0 fr. 093 par mètre carré). L'application des matériaux, y compris le chauffage, le transport, le balayage, l'arrosage, le répandage de l'huile et du gravier, le cylindrage, et toute main-d'œuvre, excepté celle que requiert le tamisage et la livraison des matériaux de recouvrage, revient

à 2 cents 43 par yard carré (0 fr. 14 par mètre carré). Ces chiffres ne comprennent pas les frais d'installation.

En vue de permettre la comparaison de ces travaux avec des travaux semblables exécutés ailleurs, il y a lieu d'indiquer que les ouvriers ne travaillent que 8 heures par jour, que les ouvriers ordinaires sont payés 1 dollar 75 (9 francs) par jour, les chefs d'équipe 4 dollars (20 fr. 70) et qu'il faut ajouter une dépense quotidienne de 4 dollars 50 (23 fr. 30) à 5 dollars (25 fr. 90). pour deux chevaux, une voiture et un conducteur.

Au total, 1 050 000 yards carrés (887 800 mètres carrés) environ de macadam ont reçu un enduit protecteur de ce genre au cours de l'année 1909, mais, bien que l'on ne puisse utiliser les données ci-dessus relatives au prix de revient pour les travaux restant à faire, il est certain, en pratique, que le coût moyen ne dépassera pas 6 cents par yard carré (0 fr. 36 par mère carré). Dans tous les travaux de ce genre, 90 % environ de la matière bitumineuse employée consistait en huile asphaltique.

L'huile mentionnée ici contient, à ce que prétendent d'ordinaire les distillateurs, 90 % d'asphalte. L'huile fournie, en général, est un résidu obtenu, après séparation par chauffage, des huiles légères pour l'éclairage ou pour d'autres usages. Il est sans doute plus exact de la désigner sous le nom de bitume de nature mineuse employée consistait en huile asphaltique.

Dans l'Etat de Californie, on préfère l'huile brute aux résidus, en se basant sur cette raison que les résidus sont souvent carbonisés par suite de négligence ou de précipitation au cours de la distillation.

Le cahier des charges suivant montre la nature de l'huile asphaltique employée dans le Massachusetts.

Huile asphaltique

L'huile présentée doit avoir une couleur, un aspect, une constitution générale et une viscosité uniformes ; elle ne doit contenir aucun corps qui n'entre pas dans la composition naturelle de l'huile asphaltique ; elle doit, en outre, remplir les conditions suivantes :

1° Elle ne doit pas contenir plus de 0,5 % de déchets ou matières minérales étrangères.

2° Elle doit avoir une densité d'au moins 0,97.

3° Elle ne doit pas contenir plus de 1 % de matière insoluble dans le sulfure de carbone, ni plus de 10 % de matière insoluble dans l'éther de pétrole.

4° Elle ne doit pas contenir de corps distillant à une température inférieure à 250° centigrades, et ne doit pas perdre plus de 50 % de son poids par la distillation à 360° centigrades.

5° Elle doit être de viscosité telle que 60 centimètres cubes, mesurés à la température de la pièce, 78° F ou 26° centigrades, ne mettent pas, à la température de 100° centigrades, moins de 5 minutes ni plus de 10 minutes pour passer par l'orifice d'un viscosimètre de 5/64 de pouce (2 millimètres) de diamètre, fonctionnant avec 4 pouces 1/4 de hauteur de liquide (10 cm. 80).

6° Lorsque 20 grammes d'huile sont chauffés sur un plateau de 3 pouces (7 cm. 62) de diamètre pendant 31 heures dans un four maintenu à une température de 100° centigrades, ils ne doivent pas perdre plus de 5 % de leur poids.

7° En mélangeant 12 1/2 % en poids de matière avec 87 1/2 % en poids de sable, on fait des briquettes de 3 pouces carrés de surface (19 cmq 35) et 1/2 pouce (1 cm. 27) d'épaisseur ; ces briquettes doivent conserver leur forme et accuser une certaine cohésion.

Ce cahier des charges a été adopté à titre d'essai au début de la saison de 1909. Il donne purement et simplement l'analyse de l'huile asphaltique qui parut alors la meilleure parmi celles qui ont été présentées à la Commission. Il est quelque peu douteux que le cahier des charges soit assez rigoureux pour exclure certaines huiles inférieures ; le chimiste de la Commission travaille encore à élucider ce point.

La plupart des goudrons employés ont dû répondre aux exigences suivantes :

Goudron distillé

Le goudron doit avoir une couleur, un aspect, une nature et une viscosité uniformes ; il doit posséder les qualités suivantes

a) Il ne doit pas contenir plus de 0,5 % de matières minérales ou de déchets.

b) Sa densité doit être comprise entre 1,18 et 1,25.

c) Il ne doit pas contenir plus de 17 % en poids de carbone libre.

d) Il ne doit pas contenir de corps qui distille à moins de 225° centigrades ; il ne doit pas s'évaporer plus de 10 % en poids en dessous de 270° centigrades ; il doit contenir au moins 65 % en poids de brai ou matière bitumineuse subsistant après l'évaporation de toutes autres substances à 360° centigrades.

e) En chauffant 20 grammes dans un plateau de 3 pouces de diamètre (7 cm. 62) pendant trente et une heures dans un four maintenu à 100° centigrades, il ne doit pas y avoir une déperdition supérieure à 10 % en poids.

f) Sa viscosité doit être telle que 60 centimètres cubes, mesurés à la température (78° F ou 26° centigrades) ne doivent pas mettre, à la température de 100° centigrades, moins de 150 secondes et plus de 450 secondes, pour passer par l'orifice d'un viscosmètre de 5/64 de pouce (2 millimètres) de diamètre, fonctionnant avec 4 pouces 1/4 (10 cm. 80) de hauteur de matière.

g) En mélangeant 12 1/2 % en poids de matière avec 87 1/2 % en poids de sable en grains tels que tout passerait par une claie de 10 mailles au pouce linéaire (2 cm. 54) et rien par une claie de 190 mailles au pouce linéaire (2cm. 54), on fait des briquettes de 3 pouces carrés de surface (19 cm. 35) et de 1/2 pouce (1 cm. 27) d'épaisseur ; ces briquettes doivent durcir en 7 jours, à la température ordinaire de la pièce, de telle façon que, posées à plat et soutenues sur leurs bords par deux couteaux parallèles, elles ne ployent pas sous un poids suspendu à un troisième couteau ou barreau parrallèle disposé suivant l'axe transversal, jusqu'à ce que ce poids atteigne 250 grammes, et ne se rompent point avant qu'il atteigne 250 grammes, le poids entraînant la rupture.

Les goudrons fournis aux conditions de ce cahier des charges paraissent avoir été uniformément bons, et le cahier des charges semble moins sujet à caution que celui de l'huile asphaltique. Il faudra probablement attendre une année de plus avant de se prononcer sur le côté économique de ces enduits protecteurs. Néanmoins, les travaux déjà faits par la Commission en 1908 et

1909 semblent autoriser à penser que ce procédé représente au moins une solution partielle de la difficulté. Il semble peu douteux qu'un enduit obtenu en répandant au moins un demi-gallon de matière bitumineuse par yard carré (2 l. 27 par mètre carré) durera deux années avec la circulation actuelle des routes nationales du Massachusetts et nécessitera peu de frais de réparation.

Goudrons et huiles asphaltiques semblent avoir donné d'aussi bons résultats comme protecteurs, mais il y a lieu de noter que le goudron fournit un enduit plus dur que l'huile et plus sujet à devenir glissant : les routes goudronnées ont donné lieu à quelques plaintes en raison du danger qu'elles offrent pour les chevaux.

Il apparaît aussi qu'il ne faudrait appliquer ni goudron ni huile sur une route macadamisée ayant une inclinaison transversale de plus d'un 1/2 pouce par pied (flèche de 3 pouces 3/4 (9 cm. 52) pour une chaussée de 15 pieds (ou 4 m. 57). En effet, il n'y a aucun doute qu'on obtienne de bien meilleurs résultats quand l'inclinaison transversale ne dépasse point 1/3 de pouce par pied ou 2 cm. 58 par mètre. Avec un revêtement aussi lisse que celui qu'on obtient avec un enduit de goudron ou d'huile, il ne faut qu'un léger bombement pour assurer l'écoulement des eaux de pluie.

L'huile asphaltique, appliquée suivant les indications qui précèdent, donne un enduit semblable à une pellicule de caoutchouc, qui assure bien la marche des chevaux et qui ne devient glissant que par des gelées exceptionnelles.

Nous espérons, par l'application de ces enduits protecteurs sur les routes nationales du Massachusetts, retarder indéfiniment le jour où le besoin se fera sentir d'un rechargement général. Si l'on empêche l'usure d'atteindre la pierraille elle-même, et si l'on fait porter toute l'usure sur l'enduit, on conçoit que les frais d'entretien de ces routes se réduiront désormais à ceux du renouvellement de l'enduit protecteur. Si l'on peut effectuer, en général, ce travail au prix qu'il a coûté pour les vingt-trois milles de routes susmentionnées, le coût d'entretien annuel du revêtement des routes ne dépassera pas 2 cents 85 par yard carré (0 fr. 15 par mètre carré), soit environ 250 dollars par mille (800 francs par kilomètre), pourvu que les enduits protec-

teurs durent deux ans. On ne peut d'ailleurs guère s'attendre à réduire davantage les frais d'entretien des routes nationales du Massachusetts, étant données les conditions actuelles de la circulation.

Décembre 1909.

A. B. FLETCHER.

(Trad. BLAEVOET.)

65833. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR
S. PERCY HOOKER
Clairman of the New-York State Department of Highways
New-York

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

ENTRETIEN ET RÉPARATION DES ROUTES EMPIERRÉES

Alors que tous les Ingénieurs routiers du monde consacrent leur attention et le meilleur de leurs pensées à la construction d'un revêtement qui satisfasse aux conditions nouvelles de la circulation, il me semble, au contraire, que le problème de la plus haute importance pour le moment est celui de l'entretien des routes existantes. Peu importent les ressources dont on dispose pour la construction des routes de l'avenir! Nous nous trouvons toujours en présence de la question de l'entretien des routes. La situation en Amérique est si différente de celle qu'on rencontre en Europe qu'il peut sembler aux délégués de l'Angleterre et du Continent que nous ne faisons que commencer à étudier ce qu'ils savent depuis bien des années sur cet entretien. Notre manière de construire des routes et d'en prendre soin a été si différente de la leur, qu'il y aurait quelque raison de s'étonner si, pour franchir les premières étapes et faire de la besogne intelligente, nous n'avions pas dû prendre modèle sur leurs méthodes.

Il y a cinquante ans encore, nous ne surveillions aucunement la construction ni l'entretien des routes. Réparties entre de petites circonscriptions administratives ne dépassant pas 6 milles carrés (1 560 hectares), nos routes étaient uniquement sous le contrôle des habitants de ces subdivisions. De plus, les routes étaient sous la direction d'un fonctionnaire élu par les suffrages des citoyens de la circonscription âgés de plus de trente et un ans et plus souvent choisi en raison de ses qualités personnelles que de sa compétence en matière de routes. Ajoutez à cela qu'on ne payait aucune taxe en argent, que tout propriétaire riverain était autorisé à acquitter, sous forme de corvées, la contribution qu'on jugeait équitable pour la

propriété qu'il possédait, et vous reconnaîtrez qu'il était effectivement impossible d'avoir des routes comparables à celles d'Europe.

Dans l'Etat de New-York, la situation a changé et toutes les routes sont maintenant, dans une certaine mesure, à la charge de la State Highway Commission, bien que, sur les 81 000 milles de routes (130 000 kilomètres), il n'y en ait guère que 8 000 (13 000 kilomètres) sous la surveillance directe de la Commission en ce qui concerne la construction ou l'entretien. Dans l'Etat de New-York, il a été construit environ 2 000 milles (3 200 kilomètres) de routes macadamisées, qui sont directement à la charge de la Commission. Tout est en macadam à liant de boue de route; la plus grande longueur est dans la banlieue des grandes villes et dessert une circulation automobile très intense. Le recensement de l'une de ces routes au mois de septembre accuse, pour les neuf heures comprises entre huit heures du matin et quatre heures de l'après-midi, 594 automobiles et le même nombre à peu près de véhicules à chevaux. C'était un jour ordinaire, et même, le temps était un peu nuageux, de sorte que ces chiffres représentent probablement moins que la moyenne pour le mois. Dans un cas où il n'a pas été précédé au comptage, on peut prétendre que plus de 5 000 automobiles ont parcouru une de nos routes dans l'espace de douze heures, pour se rendre à une course d'automobiles.

La plupart de nos chaussées sont constituées par un revêtement de 6 pouces seulement de pierraille (15 cm. 2) sur une fondation en terre humide et une circulation de ce genre correspond à une fatigue de la route qu'il était impossible aux constructeurs de prévoir.

Quand l'Etat commença à prêter son concours pour la construction de ces routes et pour la surveillance de ces travaux, la seule circulation connue était celle des véhicules à chevaux, d'allure lente; la doctrine du législateur fut donc, qu'ayant aidé à la construction d'une route, l'Etat pouvait en abandonner l'entretien aux autorités locales. Les résultats de cet errement furent désastreux. Il n'y eut guère de travaux faits sur ces routes, si même il y en eut, et ceux qui furent effectués par les soins des autorités locales le furent souvent en dépit du bon sens; le seul résultat qu'on pouvait en attendre, c'était la désagrégation et la destruction progres-

sives de ces routes. Plus tard, l'État prit à sa charge l'entretien de ces routes; mais il procéda sans esprit de méthode et le plus clair des crédits affectés à ce service fut dépensé en rechargements. L'année dernière, la Commission s'est sérieusement occupée de la question. Nous avons réparti les routes en sections de 5 à 8 milles (8 à 13 kilomètres) et pratiqué le système des équipes qui fonctionne depuis près d'un siècle à l'étranger. Mais nous avons rencontré un grand obstacle : vous, Européens, vous avez pu, au cours de longues années, former un contingent d'hommes familiarisés avec l'entretien des routes; nous, nous n'en avions pas et il a fallu faire leur éducation. Le cantonnier fournit un cheval et un tombereau et transporte un tonneau d'eau ou, si la route a été goudronnée, un tonneau du produit bitumineux. Sur chaque section de route, nous avons fait placer pour l'entretien un tas de pierraille, de quantité et de grosseur variables. Les pierres pouvant passer à travers une claie à mailles à 3/4 de pouce (19 mm. 1) et à travers une claie à mailles de 1 pouce 1/4 (31 mm. 8), reçoivent le nom de « pierres de 3/4 » et les pierres pouvant passer à travers une claie à mailles de 1 pouce 1/4 (31 mm. 8) et à travers une claie à mailles de 2 pouces 1/4 (5 cm. 7), celui de « pierres nº 2 ». Nous avons constaté que, sur une route qui n'est pas huilée et où les automobiles ne représentent pas plus de 30 p. 100 de la circulation totale, la quantité de pierraille employée par le cantonnier sera d'environ 35 yards cubes par mille (16 m³ 625 par kilomètre). Par un judicieux emploi de pierres de trois-quarts dès qu'un frayé s'ébauche et par un balayage constant de criblures déchaussées par les roues des automobiles, afin de regarnir le milieu de la chaussée, on a préservé beaucoup de nos routes empierrées de la désagrégation et maintenu celles où l'usure commençait à apparaître, dans l'état où elles se trouvaient au début de la saison.

Je crois que c'est là le système que beaucoup d'entre vous Européens, pratiquiez depuis longtemps, et mon seul but, dans ce rapport, est de montrer que nous avons fini par adopter le système qui vous était apparu comme indispensable, à la lueur de votre expérience.

Toutefois, pour toutes les routes où la circulation automobile était particulièrement intense, nous avons constaté que ce système ne suffisait pas pour sauver la route du danger. En

effet, la rapidité avec laquelle les automobiles de grande vitesse détruisent une route toute neuve est vraiment étonnante Les seules chaussées qui aient résisté à cette circulation sont celles qui avaient été construites quelques années auparavant et dont la cohésion avait atteint son maximum avant l'arrivée des automobiles. La poussière soulevée au passage de ces engins sur une route nouvellement rechargée avec liant de boue constitue également un facteur qu'il faut sérieusement prendre en considération.

L'expérience qui nous a conduits à nos méthodes actuelles d'entretien, nous est d'abord venue à la suite de nos essais pour éliminer la poussière. Nous avions observé que le pétrole brut répandu sur les chaussées, fixait la fine couche de poussière et l'empêchait de se soulever en nuages : d'où l'emploi d'huiles plus lourdes, à base d'asphalte plutôt que de paraffine. Toutefois, nous ne réussîmes pas dans l'application d'une huile lourde sur une route poudreuse. La poussière l'empêchait, en effet, de pénétrer dans le revêtement même, et l'huile avait une tendance bien marquée à former des globules entourés de petits grains de poussière. Mais, nous avons constaté qu'en balayant et en éliminant les éléments constitutifs de la boue, on obtenait un revêtement où l'huile lourde pénétrait déjà plus ou moins. Si, sur cette chaussée, on répandait des criblures sans poussière de 1/2 à 3/4 de pouce, c'est-à-dire des pierres concassées à l'anneau de 3/4 de pouce (1 cm. 9) et si l'on faisait passer dessus une machine qui chassait les traces de poussière, ces pierres s'imprégnaient d'huile et comblaient toutes les dépressions de la chaussée, donnant ainsi un revêtement uni. Les grains de poussière adhéraient au revêtement ou bien entre eux, grâce à l'huile gluante.

La question des qualités à exiger de ces huiles est l'une de celles pour lesquelles nous n'avons pas encore de solution bien complète.

Il va de soi qu'on peut employer une huile lourde si l'on fait l'application à 300° Fahrenheit ou au delà.

Pour les applications d'huile chaude, nous avons toujours soutenu que la température ambiante ne devait pas descendre au-dessous de 50° Fahrenheit.

Pour cette huile, voici les qualités qui ont été arrêtées :

1. Elle doit ne contenir ni eau ni matières en décomposition.

2. Les hydrocarbures qui la composent doivent être dilués de façon homogène, sans former de globules huileux ou de granulations.

3. La densité à 77° F. doit n'être pas moindre de 17° Baumé.

4. Lorsqu'on fait évaporer le produit en plein air à une température ne dépassant pas 500° F., jusqu'à ce que le résidu représente 90 p. 100 du volume primitif, ce résidu ne doit pas être dur au point de ne pas pouvoir pénétrer à 10 millimètres lorsqu'on l'essaie pendant cinq secondes à 77° F. avec une aiguille n° 2 chargée à 100 grammes.

5. Si on fait évaporer le produit en plein air à une température ne dépassant pas 500° F., jusqu'à ce que le résidu représente 80 p. 100 du volume primitif, le résidu ne doit pas être assez mou pour pénétrer à plus de 10 millimètres quand on l'essaie pendant cinq secondes à 77° F., avec une aiguille n° 2 chargée à 100 grammes.

6. 20 grammes du produit maintenus à une température uniforme de 325° F. pendant cinq heures dans un bassin cylindrique de 2 pouces 1/2 (6 cm. 35 de diamètre et de 2 pouces (5 cm. 08) de hauteur ne doivent pas accuser une déperdition en poids de plus de 10 p. 100.

7. 20 grammes du produit maintenus à une température uniforme de 400° F. pendant cinq heures dans un bassin cylindrique de 2 pouces 1/2 (6 cm. 4) de diamètre et 2 pouces (5 cm. 1) de hauteur ne doivent pas accuser une déperdition en poids de plus de 15 p. 100. Le résidu doit être fluide et presque solide, une fois refroidi, mais pas assez dur pour que le doigt n'y laisse pas facilement une empreinte; quand il est mou, il doit filer en un long fil mince.

8. L'huile doit être soluble dans le sulfure de carbone chimiquement pur, à la température ambiante, à raison de 99,5 p. 100 au minimum.

9. Elle doit être soluble dans l'huile de naphte à 76° Baumé, à la température ambiante, dans une proportion qui n'est pas inférieure à 72 p. 100 ni supérieure à 88 p. 100. Si l'on fait évaporer sur une plaque de verre 20 centimètres cubes d'une solution de naphte obtenue en mélangeant 1 gramme d'huile asphaltique avec 100 centimètres cubes de naphte froid, le résidu doit être adhérent et gluant, et non pas seulement onctueux.

10. L'huile ne doit pas avoir une teneur en carbone fixe supérieure à 10 p. 100.

11. Son point d'inflammation (dans l'appareil fermé d'essai des huiles de l'Etat de New-York) ne doit pas être supérieur à 325° F.

12. Elle ne doit pas contenir plus de 1,5 p. 100 de paraffine, en suivant la méthode de Holde pour sa détermination.

Ce système est dispendieux et, personnellement, je suis d'avis qu'on a obtenu presque d'aussi bons résultats par l'application d'huile froide asphaltique.

Les propriétés que nous exigeons de l'huile froide sont les suivantes :

1. Elle doit ne contenir aucune trace d'eau ou de produits en décomposition.

2. Les divers hydrocarbures qui la composent doivent être dilués en solution homogène, sans qu'on aperçoive de globules huileux ou de granulations.

3. La densité à 77° F. ne doit pas être moindre de 22° Baumé.

4. Lorsqu'on fait évaporer l'huile en plein air, à une température ne dépassant pas 500° F., jusqu'à ce qu'il ne reste plus que 65 p. 100 du volume primitif, le résidu ne doit pas être assez dur pour ne pas pénétrer à 10 millimètres quand on l'essaie pendant cinq secondes à 77° F. avec l'aiguille n° 2 chargée à 100 grammes.

5. Lorsqu'on fait évaporer l'huile en plein air, à une température ne dépassant pas 500° F., jusqu'à ce que le résidu représente 5 p. 100 du volume primitif, le résidu doit n'être pas assez liquide pour pénétrer à plus de 10 millimètres quand on l'essaie pendant cinq secondes à 77° F., avec l'aiguille n° 2 chargée à 100 grammes.

6. 20 grammes de cette huile maintenus à une température uniforme de 325° F. pendant cinq heures dans un bassin cylindrique de 2 pouces 1/2 (6 cm. 4) de diamètre et 2 pouces (5 cm. 1) de hauteur, ne doivent pas accuser une déperdition en poids de plus de 15 p. 100.

7. 20 grammes de cette huile, maintenus à une température uniforme de 400° F. pendant cinq heures dans un bassin cylindrique de 2 pouces 1/2 (6 cm. 4) de diamètre et 2 pouces (5 cm. 1) de hauteur ne doivent pas accuser une déperdition en poids de plus de 25 p. 100. Le résidu doit être fluide et

presque solide une fois refroidi, mais pas assez dur pour que le doigt n'y laisse pas facilement une empreinte; mou, il doit couler en un long fil mince.

8. L'huile doit être soluble à la température ordinaire dans le sulfure de carbone chimiquement pur, à raison d'au moins 99,5 p. 100.

9. La partie soluble dans l'huile de naphte à 76° Baumé, à la température ambiante, doit représenter au moins 75 p. 100 et ne pas dépasser 92 p. 100. Quand on fait évaporer sur une plaque de verre 20 centimètres cubes d'une solution de naphte obtenue en mélangeant 1 gramme de la matière bitumineuse avec 100 centimètres cubes de naphte froid, le résidu doit être adhérent et gluant, et non pas seulement onctueux.

10. La teneur en carbone fixe ne doit pas dépasser 10 p. 100.

11. Le point d'inflammation (appareil fermé d'essai des huiles de l'Etat de New-York) ne doit pas être supérieur à 300° F.

12. L'huile ne doit pas contenir plus de 1,5 p. 100 de paraffine, la détermination en étant faite par la méthode Holde.

Le prix de revient total du traitement à l'huile froide est en moyenne de 350 dollars par mille (1 097 francs par kilomètre), l'huile coûtant de 4 à 5 cents 1/2 par gallon (52 à 72 centimes par litre) et la consommation étant de 3 500 à 4 000 gallons (15 855 à 18 120 litres). Pour donner un bon révêtement à 1 mille de route huilée de cette façon, il faut à peu près 100 yards cubes de cassures sans poussière (pour 1 kilomètre, 47 m^3 500). Il faut ajouter le travail du cantonnier qui ramène avec son balai sur le milieu de la chaussée les particules chassées sur les côtés par la circulation automobile. Il faut que les voitures aient passé pendant trois à quatre semaines sur ces chaussées pour qu'elles prennent la compacité voulue. Elles ressemblent alors à une route d'asphalte; mais l'aspect est un peu celui d'une mosaïque quand les cassures ne sont pas complètement recouvertes. Lorsque la consolidation s'est effectuée comme il faut, on a une chape d'épaisseur variant entre 1/2 et 3/4 de pouce (1 cm. 3 à 1 cm. 9) qui résistera parfaitement à l'usure produite par la circulation ordinaire pendant cinq à six mois, ainsi que l'expérience l'a démontré. Aucune des routes aménagées de cette manière n'a encore passé l'hiver et l'on se demande quels résultats on obtiendra l'année prochaine; mais il me semble tout à fait évident que ces revêtements auront perdu une partie de

leur huile et de leur gravier et qu'il faudra les reconstituer par une légère application d'huile, à raison de 3 000 gallons par mille (8 445 litres par kilomètre) et une légère application de criblures. Si ces prévisions se trouvent confirmées, la dépense pour la seconde année sera en décroissance par rapport aux frais de premier établissement, et il est probable, qu'au bout de trois ou quatre ans, on pourra se dispenser de renforcer la chape tous les ans. L'expérience nous a montré que, par l'emploi de ces huiles, on peut efficacement prévenir toute usure du revêtement pendant l'été. Traitant le revêtement comme un toit qu'on garnit de bardeaux, on peut le préserver de toute usure.

Le prix de revient des applications d'huile chaude est comparativement plus élevé qu'avec l'huile froide, à cause des frais beaucoup plus considérables qu'entraîne le recours à une machine pour huiler. Pour l'huilage à chaud, nous nous sommes servis de la machine Aithen et d'une autre fabriquée à New-York; mais, dans les deux cas, en raison même de la tuyauterie nécessaire pour chauffer l'huile à la température désirée, le poids de la machine est tel que son maniement n'est pas aisé, et qu'au lieu de la traction animale, il faut employer des tracteurs.

Pour l'huilage à froid, on peut aménager un tonneau d'arrosage ordinaire et il n'est pas plus difficile d'arroser à l'huile qu'à l'eau. Le distributeur doit être agencé de façon qu'on puisse régler la quantité d'huile appliquée et qu'elle se répande un une couche ténue; nous recommandons d'y ménager une fente mince qui puisse être élargie à volonté, ou bien des orifices de dimensions variables, répartis de façon telle que toute la largeur soit ouverte à la fois, et de disposer des soupapes qui permettent à l'opérateur de régler l'échappement de l'huile.

Il ne manque pas de dispositifs qui ont donné toute satisfaction et il n'est pas difficile de se procurer l'ageneement voulu pour l'adapter au tonneau d'arrosage ordinaire. Si l'on met le produit dans des voitures-citernes, il convient de trouver un dispositif qui permette de chauffer les huiles lourdes dans la voiture afin qu'elles aient assez de fluidité pour les faire passer dans la machine à huiler. Avec l'huile à 60 p. 100, le transvasement n'offre aucune difficulté tant que la température reste supérieure à 70° F.

Il me semble que la différence de prix contrebalance l'excès de matière bitumineuse répandue sur la route par l'appareil d'huilage à chaud, et j'estime que deux applications d'huile froide pendant deux années consécutives coûteront à peu près autant qu'une seule application d'huile chaude et donneront de meilleurs résultats.

Nous n'avons pas pleinement réussi dans notre aménagement des routes par ces deux méthodes. Quand on a appliqué l'huile chaude sur une chaussée nouvellement rechargée, la pénétration a paru s'arrêter presque complètement aux criblures, ce qui a eu pour effet de faire soulever la chape ainsi constituée, qui s'est crevassée. Où nous avons le mieux réussi, c'est dans nos applications d'huile sur ce qu'on appelle une chaussée « nue », c'est-à-dire une chaussée dont la couche supérieure du revêtement est à vif et où les criblures se sont inscrustées par l'usure autour de chacune des pierres de la couche supérieure. Comme nous n'avons pas de routes à liant bitumineux qui aient eu besoin de réparations jusqu'à présent, je ne puis dire en quelle mesure ce mode d'aménagement se concilierait avec le rejointement bitumineux, mais il semble rationnel de présumer que le résultat obtenu sera bien meilleur sur une route dans le revêtement de laquelle on aura déjà incorporé une substance analogue.

En parlant de liant bitumineux, j'ai visé les produits asphaltiques. Je sais que certains ingénieurs préconisent les produits goudronneux, et je ne veux pas dire que leur emploi ne puisse pas être aussi avantageux. Mais les faits d'observation m'ont amené à croire que tout produit goudronneux, appliqué au revêtement d'une route, tend à durcir et à se former en tourteau, abandonnant sa croûte sur la chaussée plutôt que faisant corps avec elle. Cette croûte se brise par endroits et, une fois la phase de durcissement franchie, elle semble avoir perdu son élasticité et son pouvoir d'agglutination. J'imagine qu'on peut combler les flaches qui se sont ainsi produites par une nouvelle application du produit goudronneux; mais, si l'on y a recours, la chaussée aura tendance à devenir inégale et raboteuse. Ce que je veux dire, c'est que les huiles asphaltiques ont plus de vitalité et conservent la faculté de « reprendre » dans les endroits où se produisent des fissures, faculté que je n'ai vu dans aucun des produits goudronneux que je connaisse.

Nos premières expériences ont été faites avec du sable et du gravier, au lieu de criblures sans poussière, et, s'il a paru en résulter que ces matériaux peuvent constituer la chape que nous voulions, ils n'en ont pas moins une tendance fâcheuse à se détacher par les temps pluvieux et à former une masse qui n'adhère plus. Aussitôt que la route séchait après la pluie, elle reprenait sa faculté de cohésion : il est probable que, si le gravier était complètement dépouillé de toute matière végétale ou glaiseuse, il pourrait être utilisé à la place des criblures. Partout où l'emploi du gravier revient moins cher et où l'on ne peut pas obtenir de criblures sans poussière, on pourrait, sans aucun doute, aboutir au résultat cherché avec du gravier passé à la claie à mailles réduites à 1/2 pouce (1 cm. 3). S'il y a possibilité d'aménager une route empierrée par des applications répétées d'huiles asphaltiques sur du gravier ou des criblures de pierre, la solution du problème de l'entretien des routes empierrées n'est-elle pas trouvée?

S. Percy HOOKER.

(Trad. Blaevoet.)

65981. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

10bis

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

HAROLD PARKER
Chairman
Massachusetts Highway Commission
Boston

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHAUSSÉES EMPIERRÉES ET PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des chaussées empierrées. — Emploi de bandes de roulement dans les chaussées pavées. Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière.

Les effets de la circulation extrêmement intense des automobiles sur les routes ordinaires en macadam ont été tels que tous les constructeurs de routes ont senti la nécessité de modifier quelque peu les méthodes d'empierrement suivies tout récemment encore.

On a démontré au dernier Congrès tenu à Paris en 1908 qu'une automobile allant à une vitesse de plus de 24 kilomètres à l'heure sur une route empierrée construite suivant les méthodes ordinaires, avec liant de débris de pierres et de poussière fixée par addition d'eau au cours du cylindrage, y faisait de tels ravages qu'il fallait recourir à un mode d'exécution plus perfectionné si l'on voulait empêcher la destruction rapide de la route. On a constaté que les roues motrices des automobiles marchant à plus de 24 kilomètres à l'heure extraient les particules fines du revêtement et déchaussent par là même des fragments de pierre, de sorte que la route se désagrège, bien qu'on la surveille et qu'on en prenne soin.

On a fait, à plusieurs reprises, diverses expériences aux Etats-Unis pour déterminer exactement la nature de l'action destructive des automobiles et on a découvert que cette action est principalement due aux roues motrices et qu'elle se décompose en un double travail de cisaillement et d'arrachement du liant, résultant du passage rapide de l'engin.

C'est ce qu'a notamment bien permis d'observer la disposition de l'une des grandes routes conduisant de la Ville de Newton à Boston, et consistant en deux chaussées séparées au

milieu par la plate-forme d'un tramway électrique. La route avait été construite de la façon la plus irréprochable, avec liant de boue de route, dont chacune des chaussées avait reçu une égale quantité, à la même époque. On défendit aux automobiles de circuler sur l'un des côtés de la route, ce qui permit de faire une expérience pratique sur l'action des véhicules à chevaux et sur celle des automobiles. Le nombre total moyen de véhicules circulant sur cette route, tel que l'accuse un recensement fait l'année dernière, était de 643 par jour, dont 492 automobiles et 151 voitures à chevaux. On ne fit aucun emploi partiel pendant la première année sur la route où les automobiles passaient à tout instant Voici le résultat en fin d'année : alors que le côté interdit aux automobiles était resté en excellent état, l'autre, fréquenté par les automobiles, était désagrégé complètement à tous les virages et déjà sensiblement atteint sur les alignements droits présentant des déclivités; sur le versant extérieur des courbes, la pierraille défoncée s'entassait en rangées d'un pied de haut.

Des preuves aussi frappantes que celle-ci de l'effet destructif des automobiles ont conduit à faire de nombreux essais pour préserver les routes empierrées de la désagrégation. En Europe, je crois que les constructeurs de routes se sont bornés presque exclusivement à l'emploi du goudron de houille plus ou moins distillé, sauf pour les voies urbaines où l'on a eu recours à l'asphalte dans une assez large mesure. De ce que j'ai vu moi-même aux environs de Paris et ailleurs, je déduirais que cette substance n'a pas réussi. Il m'a semblé au contraire que le succès était plus grand en Angleterre, avec des procédés différents d'application.

Aux Etats-Unis, les expériences qu'on a faites sur ce point ont été des plus complètes. On a essayé le goudron de houille sous ses différentes formes, les huiles résiduelles et des huiles obtenues par l'addition d'une foule d'ingrédients dans les proportions voulues. Au cours de l'année dernière, la Commission des Chaussées du Massachusetts a procédé à des essais qui ont exigé plus de 600 analyses chimiques.

J'ai moi-même indiqué, en observant les effets d'un mélange d'huile résiduelle lourde d'asphalte et de sable, qu'un composé formé de gravier et d'huile asphaltique additionnée d'asphalte pur ou d'huile à forte teneur en asphalte, étalé sur la route, puis passé au cylindre de dix tonnes, donnerait une

chaussée unie et résistante qui ne pourrait être mise à mal par les roues des automobiles, ni détériorée par les roues à bandages de fer des voitures ordinaires.

Je vais donc, si vous voulez bien me le permettre, décrire dans ce rapport, la méthode suivie pour l'établissement d'une route de ce genre qui m'a paru satisfaire aux exigences de la circulation moderne.

Voici presque un an que cette route est livrée à la circulation et elle ne donne aucun signe d'usure; elle est complètement exempte de poussière et elle n'est pas trop glissante.

Description de l'ancienne chaussée

L'ancienne chaussée consistait en un macadam construit en 1900 avec du granit pris sur les lieux ; elle était toute déformée, pleine de frayés et défoncée par la circulation automobile ; mais le corps de la chaussée restait suffisamment solide pour servir de fondation à un revêtement bitumineux de gravier et d'huile.

Traitement de l'ancien macadam

L'ancien revêtement de macadam fut désagrégé à l'aide d'une charrue traînée par un cylindre à vapeur ; puis on reconstitua la forme à la pelle et l'on passa le cylindre de dix tonnes, sans donner trop de cohésion à la couche supérieure de pierres auxquelles on laissa plutôt un peu de jeu pour éviter que la chape de gravier et d'huile une fois appliquée, n'ait tendance à cheminer ou à former des ondulations. Par dessus, on répandit le mélange bitumineux de gravier et d'huile.

Revêtement bitumeux en gravier

Ce revêtement a consisté en sept compositions différentes faites en vue de déterminer le plus exactement possible les proportions respectives de gravier, de pierraille, de sable et d'huile asphaltique qui donneraient les meilleurs résultats. Chaque section, sauf la dernière, avait environ 300 pieds de longueur (100 mètres) et quinze de largeur avec une épaisseur de 2 pouces (5 cm 1), après cylindrage.

Proportions de matériaux dans les différentes sections

Section I. — On a mélangé une partie de gravier passant à travers le crible de 1/2 pouce (1 cm, 3) et ne passant pas à travers celui de 1/4 de pouce (0 cm, 65) et une partie de sable dont les grains passaient à travers le crible de 1/4 de pouce, avec un liant asphaltique, à raison de 18 gallons de liant par yard cube (89 litres par mc). L'huile était composée de une partie d'asphalte pur et de trois parties d'huile asphaltique ; l'huile asphaltiqué répondait aux exigences du cahier des charges énoncées à la fin du mémoire.

Section 2. — Le sable et le gravier, dans les mêmes proportions que pour la section 1, ont été mélangés avec l'huile asphaltique non additionnée d'asphalte, à raison de 18 gallons par mc. de matériaux.

Section 3. — On a mélangé deux parties de gravier passant à travers le crible de 1/2 pouce et ne passant pas à travers celui de 1/4 de pouce et trois parties de sable dont les grains passaient à travers le crible de 1/4 de pouce avec un liant asphaltique, à raison de 17 gallons de liant par yard cube (84 l, 10 par mc.). Le liant était formé de 37,50 0/0 d'asphalte pur et de 62,50 0/0 d'huile asphaltique.

Section 4. — On a mélangé le sable et le gravier dans les mêmes proportions que pour la section 1 avec 18 gallons de liant bitumineux formé de 12,5 0/0 d'asphalte pur et de 87,50 0/0 d'huile asphaltique.

Section 5. — On a mélangé une partie de gravier passant à travers le crible de 1 pouce (2 cm,5) et ne passant pas à travers le crible de 1/4 de pouce, et une partie de sable passant à travers le crible de 1/4 de pouce, avec de l'huile asphaltique non additionnée d'asphalte pur, à raison de 18 gallons par yard cube.

Section 6. — On a mélangé du gravier et du sable dans les mêmes proportions et de mêmes grosseurs que pour la section 5 avec la même quantité de liant bitumineux composé de 85,50 0/0 d'huile asphaltique et 12,50 0/0 d'asphalte pur.

Section 7. — On a mélangé du gravier et du sable dans les mêmes proportions et de mêmes grosseurs que pour la

section 5 avec la même quantité de liant bitumineux composé de 75 0/0 d'huile asphaltique et de 25 0/0 d'asphalte pur.

Nature du gravier et du sable

On les a extraits d'une carrière voisine de la route, et, comme il est dit ci-dessus, on a commencé par les passer à la claie pour isoler le sable et éliminer les grosses pierres, ce qui nécessitait deux opérations. Le gravier contenait une bonne proportion de pierres de grosseurs s'échelonnant très régulièrement entre la plus petite et la plus forte énoncées ci-dessus. Le sable était à arêtes vives, contenant beaucoup de quartz, sans en être uniquement composé ; mais il n'était pas très propre ; ily avait assez de sable très fin et de terre gluante pour combler à peu près complètement les moindres vides entre les grains du gros sable. On a séparé le gravier, la pierraille et le sable pour déterminer les proportions respectives à adopter.

L'huile employée répondait aux exigences suivantes :

L'huile doit être de couleur, d'aspect, de nature et de viscosité uniformes et doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

Huile asphaltique

« a) Elle ne doit pas mousser quand on la chauffe à « 100°C ;

« b) Elle doit avoir une densité d'au moins 0,97 ;

« c) Elle ne doit pas contenir plus de 1 0/0 de substances « insolubles dans le sulfure de carbone ;

« d) Elle ne doit pas contenir plus de 0,5 0/0 d'impuretés ou « de substances minérales étrangères ;

« e) Elle ne doit pas être d'une viscosité telle que 60 c. c. « mesurés à la température du laboratoire (78° F ou 26° C) et « portés à 100° C, ne mettent pas moins de 5 minutes ni plus « de 10 minutes à passer par le viscosimètre Lawrence ou bien « encore telle que 200 c. c. mesurés et essayés aux mêmes « températures, ne mettent pas moins de 18 minutes, ni plus « de 36 minutes à passer par le Viscosimètre Engler.

« f) Si l'on chauffe 20 grammes de l'huile en question dans « un plateau à fond plat de 3 pouces (7 cm,6) de diamètre pen-

« dant 21 heures dans un four à bon tirage maintenu à la « température de 250° C, la déperdition en poids ne doit pas « être supérieure à 20 0/0.

Asphalte

« L'asphalte doit être de couleur, d'aspect et de nature « uniformes et ne doit renfermer aucun corps étranger à sa « composition naturelle.

« a) Il ne doit pas contenir plus de 1 0/0 d'impuretés ou « de substances minérales étrangères.

« b) Sa densité doit être comprise entre 1,02 et 1,10.

« c) Il ne doit pas contenir plus de 1 0/0 de substances « insolubles dans le sulfure de carbone, ni plus de 30 0/0 de « substances insolubles dans l'essence.

« d) Il ne doit pas accuser une déperdition en poids de « plus de 40 0/0 quand on le distille à 360° C.

« e) Si l'on en chauffe 20 grammes dans un plateau à « fond plat de 3 pouces de diamètre pendant 21 heures dans « un four maintenu à température de 100° C, le poids doit « rester pour ainsi dire constant. »

Il en résulte que l'huile devait être assez exempte de liqueurs ammoniacales et d'huiles légères et de matières aqueuses pour ne pas écumer au chauffage. Il suffirait de 1 once d'eau dans un baril d'huile (23 gr. 74 dans 1 Hl), pour la faire mousser et grossir de volume au chauffage.

Préparation des matériaux de revêtement

a) Huile et asphalte.

On a chauffé dans des chaudières séparées l'huile et l'asphalte jusqu'à 300 ou 400° F.; on a, en général, porté l'asphalte à une température supérieure à celle de l'huile, en prenant soin de ne pas le faire brûler en chauffant trop. Les chaudières affectées à cet usage étaient de deux modèles, tous deux établis par la Commission des Chaussées de Massachusetts. L'une, employée pour le chauffage de l'huile, avait une contenance de 300 gallons (1135^{l},2) et les deux autres, employées pour le chauffage de l'asphalte, avaient une contenance de 125

gallons (473[l]). Les trois chaudières étaient montées sur roues, mais elles restèrent dans la carrière où l'on a fait toutes les opérations de chauffage et de mélange.

b) Gravier et sable.

On les a chauffés séparément au moyen de cheminées en tôle mince placées sur le sol et contenant un feu de bois. Les cheminées avaient environ 10 pieds de longueur (3 m.051) et on les disposait par groupes de quatre environ à 18 pouces (45 cm,7) de distance, parallèlement entre elles. On jetait dessus le sable ou le gravier passé au crible sur une épaisseur d'environ 1 pied (30 cm,5) et, une fois qu'elles avaient été portées à une température d'environ 225° F., on retirait les cheminées avec leur feu de dessous le gravier ou le sable déjà chauffé, et on les mettait en un autre endroit où on les recouvrait de matériaux à chauffer.

Le mélange d'huile, de gravier et de sable a été fait à la pelle sur des aires de gâchage en bois ou en fer ; celles en fer étaient bien préférables, exigeant moins de main-d'œuvre. Avec une caisse jeaugée, on mesurait dans les proportions sus énoncées le sable et le gravier chauffés, qu'on étendait sur l'aire ; on répandait par-dessus l'huile chaude en petite quantité, à raison de 1/3 de ce qu'il fallait, et l'on gâchait une première fois; puis on ajoutait toute l'huile voulue et l'on gâchait encore; ensuite, on ajoutait l'asphalte et l'on mélangeait intimement jusqu'à ce que l'on ne puisse plus voir de sable qui ne fût pas complètement enrobé et qu'il n'y eût plus de grumeaux ; alors le mélange était prêt à charger à la pelle sur les tombereaux et à conduire à pied-d'œuvre. On faisait travailler simultanément en temps normal deux ou trois équipes de mélangeurs, afin que le cylindre à vapeur, les attelages et les chefs d'équipe fussent alimentés avec toute l'intensité désirable, pour augmenter la production, en faisant travailler le plus possible d'unités peu coûteuses avec le minimum d'unités coûteuses.

Mise en place des matériaux de revêtement

Au moment de l'arrivée à pied d'œuvre, la température du mélange dans les tombereaux était de 150 à 200° F. On prenait le mélange à la pelle dans les tombereaux et on l'étendait sur la forme ou bien on le déchargeait sur une aire et on

le mettait en place à la pelle. C'est en prenant directement le mélange dans les tombereaux à la pelle qu'on a obtenu les meilleurs résultats, peut-être parce que le refroidissement était moindre. Un homme suffisait pour le répandage. On prenait la précaution de faire descendre au fond toutes les grosses pierres, pour réduire au minimum les vides à la surface.

Le répandage était effectué avec le plus grand soin et un rouleau de dix tonnes passait immédiatement après. On ne pouvait faire aussitôt un cylindrage définitif ; on procédait graduellement et l'on parachevait lorsque les matériaux durcissaient en se refroidissant. Il est probable que si, au lieu d'employer un rouleau ordinaire de 10 tonnes qui ne convenait pas parfaitement à ce genre d'ouvrage, on avait fait passer un rouleau pour asphalte de 5 à 6 tonnes, avec roues jumelées, le cylindrage aurait coûté moins cher et aurait été meilleur.

Ouverture de la route à la circulation

Pour obtenir d'excellents résultats, on devrait interdire l'accès de la route aux voitures pendant une période qui n'a pas besoin de dépasser 24 heures après l'achèvement du cylindrage. Si, au cours de ces essais, on a mélangé l'asphalte et l'huile dans des proportions différentes et si l'on a fait varier les quantités respectives de gravier de différentes grosseurs, c'était en vue de déterminer le mode d'exécution qui satisfaisait le mieux au résultat cherché.

La conclusion est que tous ces essais semblent avoir été couronnés de succès et qu'aux endroits où la circulation est intense, il convient d'augmenter la proportion d'asphalte. Mais, en temps ordinaire, l'huile asphaltique, telle qu'elle est spécifiée dans le présent mémoire, sans addition d'asphalte et en mélange intime avec du gravier dont les éléments passeraient à travers un crible de 1/2 pouce (1cm,3), donnera une route relativement peu coûteuse qui résistera très efficacement à l'usure produite par la circulation des voitures et notamment par celle des automobiles.

HAROLD PARKER

(Trad. BLAEVOET.)

66475. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

P. LE GAVRIAN

Ingénieur des Ponts et Chaussées à Versailles,
Secrétaire de la Commission d'Études pour la suppression de la poussière
et la conservation des chaussées au Ministère des Travaux Publics,
Ancien Secrétaire du Comité technique
du 1er Congrès International de la Route (Paris 1908).

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

EMPLOI DES LIANTS

Dans la constitution des Chaussées empierrées

EMPLOI DE BANDES DE ROULEMENT

Dans les Chaussées pavées

PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE

et la poussière

Chargé par la Commission internationale permanente des Congrès de la route, d'établir un rapport sur l'état de la première question, en France, notre premier devoir est d'indiquer les sources d'informations auxquelles nous avons puisé, pour la rédaction du mémoire qu'on va lire.

Nous avons tout d'abord adressé aux ingénieurs en chef des ponts et chaussées de tous les départements de la France continentale, de la Corse et de l'Algérie, un questionnaire méthodique dans lequel nous leur demandions de nous faire connaître les essais effectués par leurs services ou par des services voisins, et de nous donner en même temps leur appréciation personnelle sur les résultats obtenus et sur l'opportunité d'en étendre ou d'en généraliser les applications.

Nous avons, d'autre part, envoyé le même questionnaire à diverses collectivités ou personnalités particulièrement qualifiées par leurs études antérieures, pour nous renseigner.

Nous avons aussi fait appel aux archives de la Commission spéciale d'études instituée au Ministère des travaux publics et dont nous avons l'honneur d'être le secrétaire.

Enfin, nous nous sommes permis de nous inspirer de notre propre expérience et des recherches et essais nombreux que nous avons eu l'occasion d'exécuter, sur le réseau routier qui nous est confié : ces routes situées aux portes de

Paris, dans la banlieue de la capitale la plus fréquentée par les automobiles sont parmi celles pour lesquelles les questions d'usure et de poussière se sont posées avec la plus grande acuité.

Nous exprimons ici nos vifs remerciements à tous ceux qui ont bien voulu apporter leur concours à notre documentation.

EMPLOI DES LIANTS DANS LA CONSTITUTION DES CHAUSSÉES EMPIERRÉES

Les liants employés ou expérimentés en France se classent dans les catégories ci-après :

1° Agrégations calcaires simples (sensiblement inactives).

2° Chaux, ciments et pouzzolanes (faisant prise).

3° Goudrons et dérivés.

4° Asphaltes et dérivés.

§ 1er — Agrégations Calcaires Simples

Dans cette catégorie figurent les sables calcaires, les marnes, craies et calcaires tendres, la dolomie, etc... toutes matières qui, mélangées à des pierres de nature sèche, telles que les silex, les quartzites, etc... forment un magma facilitant leur agrégation, sans, cependant, faire réellement prise elles-mêmes à la façon du ciment.

Ces liants remédient, dans une certaine mesure, au défaut de cohésion des matériaux lisses et durs que la compression seule est impuissante à enchevêtrer solidement.

La plupart de ces matières d'agrégation sont en usage depuis très longtemps dans un grand nombre de régions de la France, où elles constituent le mode normal et régulier d'emploi des matériaux d'empierrement.

Une mention spéciale doit être faite pour la dolomie (carbonate de chaux et de magnésie) dont l'emploi nous a été signalé seulement à titre d'essai dans le département du Pas-de-Calais, et dont le prix ne semble pas permettre un usage généralisé.

Ces agrégations sensiblement inactives, bonnes sur des chaussées à circulation modérée, sont tout à fait insuffisantes

sur les routes parcourues par de nombreux véhicules, surtout par les automobiles à grande vitesse.

§ 2e — Chaux — Ciments — Pouzzolanes

Dans cette catégorie se rangent les agrégations *faisant prise*, c'est-à-dire introduisant entre les matériaux d'empierrement un mortier actif durcissant à l'air et tendant à faire de la croûte de la chaussée une véritable maçonnerie, un béton monolithe.

La chaux et le ciment ont été employés soit seuls, soit mélangés.

Emploi de la chaux :

La chaux hydraulique en poudre est généralement répandue mêlée au sable d'agrégation pendant le cylindrage; quelquefois on la met sur la chaussée vers la fin de l'opération. L'on arrose et le mortier ainsi formé coule dans les joints. S'il est nécessaire, l'on parachève ensuite la compression.

Les résultats obtenus semblent avoir varié selon les proportions de chaux employées.

Dans l'Ardèche, un dosage à raison de 75 kilogrammes de chaux par mètre cube de sable a donné une chaussée assez résistante, en assez bon état encore après cinq ans d'usage sous une circulation évaluée à 450 colliers.

Par contre, un mélange à raison de 300 kilogrammes de chaux par mètre cube de sable n'a donné aucun résultat appréciable sur une route à faible circulation. M. Faure, ingénieur en chef du département, estime que le premier système est assez économique (majoration du prix de l'empierrement par mètre carré = 0 fr. 037) et « pourrait être employé à défaut de goudronnage pour les sections de routes pauvres, dans les traverses de moyenne importance ».

Quant au deuxième procédé, il ne croit pas qu'il y ait lieu de le généraliser.

Dans les Deux-Sèvres, l'emploi de 300 kilogrammes de chaux mélangée à 1 mètre cube de sable, n'a nullement empêché la désagrégation due au passage des automobiles de se produire, et l'ingénieur en chef, M. Cuenot, se déclare défavorable à une généralisation du système.

En Seine-et-Marne, M. l'ingénieur Sigault a été, de son

côté, peu satisfait d'un mélange de 400 kilogrammes de chaux pour 1 mètre cube de sable.

Une chaussée à forte circulation (950 colliers) ainsi traitée, n'a pas résisté.

Une autre, traitée de même, et goudronnée ensuite, a, au contraire, tenu. Mais ce résultat semble devoir être attribué au double fait du goudronnage superficiel et d'une circulation légère.

Augmentation de dépense au mètre superficiel : 0 fr. 30.

En Seine-et-Oise, M. l'ingénieur Lorieux est arrivé à des conclusions identiques, après avoir employé un dosage à raison de 300 à 350 kilogrammes de chaux.

A Paris, M. Pellé, ingénieur du service de la voie publique, a employé 400 kilogrammes de chaux hydraulique pour 1 mètre cube de sable sous forme de mortier assez clair, puis sous forme de mélange sec; peu après avoir rendu la chaussée à la circulation, l'on a constaté la brisure des joints, et la réduction très rapide de la matière d'agrégation à l'état de poudre. Il a fallu remédier à cette situation en étendant superficiellement du goudron.

Les rechargements à la chaux, n'ont donc pas, dans leur ensemble, donné de bons résultats.

Ces mauvais effets tiennent à ce que la chaussée ainsi bétonnée perd de son élasticité, devient trop rigide et tend à se fissurer sous les chocs produits par le roulage. Dès que les brisures apparaissent, la désagrégation commence sous l'action des intempéries d'une part, de la circulation d'autre part.

Peut-être le dosage de chaux généralement employé (300 à 400 kilogrammes) est-il trop fort; l'expérience de l'Ardèche tendrait à le prouver. Mais, si l'on réduit cette proportion pour ne pas nuire à l'élasticité, la liaison initiale entre les matériaux diminue elle aussi, le surcroît de résistance qu'on espère devient illusoire, et seules des chaussées exemptes d'une grosse fatigue peuvent être ainsi traitées.

Il semble donc que le bétonnage des chaussées au moyen de la chaux soit une pratique peu recommandable.

Emploi du ciment :

Le ciment a été employé de trois manières différentes :

1° Ou bien mélangé à la matière d'agrégation et introduit avec elle au cours du cylindrage;

2º Ou bien répandu à la fin de l'opération pur ou mêlé à du sable, soit sous forme de mortier, soit à sec avec un arrosage subséquent formant ainsi un coulis cachetant les joints;

3º Ou bien sous forme de mortier mélangé préalablement à la pierre (chaussée en béton).

Le premier mode a donné lieu aux observations suivantes:

Seine-et-Marne (M. Sigault), 300 kilogrammes de ciment de laitier pour 1 mètre cube de sable, la chaussée n'a pas résisté.

Deux-Sèvres (M. Cuenot), 250 kilogrammes de ciment portland pour 1 mètre cube de sable. Au début et pendant l'hiver, résultat assez satisfaisant, mais la désagrégtion s'est produite comme sur une chaussée ordinaire en été, au passage des automobiles.

Dans le Loiret. M. l'ingénieur en chef Renardier se déclare plus satisfait d'essais pratiqués avec 320 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable, sans, toutefois, pouvoir affirmer que les sections traitées sont plus résistantes que les autres; selon lui, la saison où l'opération est faite semble avoir une influence sur le résultat: l'été ne convient pas, le printemps et les saisons humides sont préférables.

Le deuxième mode:

Ain (M. Picard, ingénieur en chef), 400 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable. La chaussée s'est complètement désagrégée en moins d'un mois.

Charente (M. Draux, ingénieur en chef), 600 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable. La prise du ciment a été insuffisante; des décollements et arrachements se sont produits, et la chaussée est moins unie et résistante que sur les sections non soumises à l'expérience.

Lot (M. Soulié, ingénieur en chef), un coulis de ciment Portland pur et un coulis de mortier de ciment, à raison de 1 de ciment pour 1 de sable, n'ont, ni l'un ni l'autre, donné de résultats appréciables.

Deux-Sèvres. Avec un coulis de mortier de ciment (3 de sable pour 1 de ciment), répandu sur les matériaux après cylindrage, l'usure a été lente, pas de désagrégation, peu de poussière.

Le troisième mode a été employé dans le Jura. En consti-

tuant la chaussée d'un béton au dosage de 350 kilogrammes de ciment à prise lente pour 1 mètre cube de sable et 3 mètres cubes de trapp cassé, le résultat serait bon, dit l'ingénieur en chef, M. Barrand, à condition de tenir la chaussée constamment humide.

D'une manière générale, les expérimentateurs ont signalé la difficulté de faire manœuvrer le rouleau sur l'empierrement recouvert par le mortier de ciment: celui-ci adhère aux roues du cylindre et il se produit des arrachements et des décollements.

L'on a essayé aussi, dans les Deux-Sèvres, un mélange de chaux et de ciment (150 kilogrammes de chaux, 100 kilogrammes de ciment par mètre cube de sable), il a donné lieu aux mêmes observations que l'emploi de la chaux ou du ciment seul, c'est-à-dire que, l'été, la désagrégation s'est produite au passage des automobiles comme sur les chaussées ordinaires.

Nous conclurons de l'exposé qui précède, que le ciment incorporé au macadam, s'il est plus résistant que la chaux, a, comme elle, le défaut de faire perdre à l'empierrement une bonne part de son élasticité, principalement lorsque la chaussée cesse d'être humide. Il en résulte des fissures, des brisures, qui provoquent une désagrégation prématurée, si les conditions défavorables persistent.

Pour un surcroît de résistance aussi aléatoire, il est donc difficile de conseiller l'emploi du ciment comme agrégation, surtout si l'on tient compte qu'avec les dosages employés dans les expériences relatées ci-dessus, le coût du mètre cube d'empierrement s'est trouvé majoré de 1 franc à 3 fr. 50 par rapport à un empierrement ordinaire.

Dans l'essai du Jura, cette majoration a même atteint 3 francs par mètre superficiel.

En définitive, il nous semblerait sage de borner l'emploi des bétons de ciment aux fondations soustraites à l'action directe du roulage et des agents atmosphériques[1].

---

(1) Nous ne parlons pas ici des dallages faits entièrement en ciment qui, sous une certaine épaisseur retrouve une élasticité relative. Ces dallages procurent un roulement doux et sont susceptibles d'être employés sous des circulations modérées, dans les villes où le ciment est bon marché.

Emploi de pouzzolanes ou matériaux faisant prise :

Il nous a été signalé, par M. Monnet, ingénieur en chef de la Haute-Loire, que, dans ce département, l'on emploie, avec assez de succès, comme matière d'agrégation, des pouzzolanes mêlées au sable.

Dans le département du Doubs, le service des ponts et chaussées a fait essayer l'emploi de scories provenant d'usines, répandues après compression de la pierre cassée et abondamment arrosées. L'essai est récent (avril 1909); M. l'ingénieur en chef Mouret, s'en déclare satisfait jusqu'à présent.

Nous ne pouvons que citer ces applications à titre documentaire.

§ 3e — Goudrons et dérivés

Emploi du goudron proprement dit :

L'incorporation de goudron dans la chaussée s'opère, on le sait, de deux manières : ou bien on l'introduit dans la masse à l'une des périodes de la compression des pierres, ou bien, au contraire, l'on enduit, au préalable, de goudron, les matériaux à cylindrer.

Dans le premier cas, l'on obtient un rechargement au goudron; dans le deuxième cas, l'on constitue un Tarmacadam, selon le terme consacré par les Anglais.

Nous allons passer en revue ce que l'on a fait en France, dans les deux ordres d'idées.

Rechargements au goudron.

a) Certains ont simplement étalé les matériaux d'empierrement sur une couche de goudron préalablement étendue à froid sur la surface de l'ancienne chaussée (2 kg. 600 à 5 kilogrammes par mètre superficiel). Les résultats signalés sont les suivants:

Dans le Calvados, où des routes faites avec des grès, à vrai dire assez peu chargées (150 à 350 colliers) ont été traitées de la sorte depuis quelques années, on estime que le procédé donne un empierrement solide, recommandable « pour les chaussées ayant à subir une très forte circulation » (M. Hézard, ingénieur ordinaire).

Dans le Lot, sur une chaussée empierrée en calcaire et

soumise à une circulation légère et automobile atteignant 850 colliers, l'on est incertain sur la prolongation de la durée de la chaussée, qui, dans les premiers temps, s'est recouverte, en hiver, d'une boue noire attribuée à un excès de goudron. (M. Soulié, ingénieur en chef.)

En Seine-et-Marne, avec des matériaux silico-calcaires et une circulation de 300 colliers, la chaussée s'est moins bien comportée que les chaussées simplement goudronnées en surface. (M. Sigault.)

En Seine-et-Oise, un essai du même genre, près d'une gare de chemin de fer et d'une sucrerie, paraît avoir donné à l'empierrement un surcroît de résistance. (M. Lorieux.)

En définitive, procédé simple et facile à employer, semblant assez favorable pour des chaussées à circulation modérée, mais dont la supériorité par rapport au goudronnage superficiel, sensiblement moins coûteux, ne paraît pas démontrée.

b) D'autres expérimentateurs répandent le goudron au cours du cylindrage, soit pendant la compression, soit, au contraire, à la fin, quand la mosaïque est serrée.

Généralement, le cylindrage est fait à sec; parfois, cependant, l'on s'est affranchi de cette sujétion.

Voici le résumé succinct des expériences faites :

A Paris, M. Vasseur a répandu, pendant la compression, 3 kilogrammes de goudron chaud, par mètre carré, sur un cylindrage commencé sans agrégation ni eau, et il a terminé ensuite la compression avec de l'eau et du sable, comme d'ordinaire. Résultats incertains. (Matériaux porphyriques).

Le goudron a été, au contraire, répandu à la fin de la compression, dans les applications ci-après :

A Mostaganem (Algérie), M. Caufourier répand 5 à 6 kilogrammes par mètre carré de goudron chaud, sur la chaussée cylindrée sans eau jusqu'à calage complet des matériaux, puis il étale une couche de gravier et cylindre encore jusqu'à ce que le goudron reflue. Il a été satisfait des résultats. (Matériaux de grès siliceux.)

A Nice (M. Imbert, ingénieur en chef), la chaussée étant cylindrée au refus sans agrégation, l'on y a versé le goudron chaud à raison de 2 kg. 500 par mètre carré. La chaussée supporte 2 700 colliers, elle a très bien résisté depuis trois ans. (Matériaux porphyriques.)

En Seine-et-Marne, M. Sigault a introduit à froid 3 kilogrammes d'un mélange de goudron et d'huile lourde (10 p. 100). Avec des matériaux silico-calcaires et une circulation de 600 colliers, il s'est déclaré très satisfait de l'essai. Mais là où le goudron n'a pas suffisamment reflué en surface, il a fallu badigeonner celle-ci.

A Paris, l'on a procédé de deux manières : Sur une section (M. Vasseur), l'on a répandu le goudron (3 kilogrammes) à la fin de la compression faite à sec (matériaux porphyriques. Sur d'autres (MM. Vasseur et Florance), on l'a étendu sur un cylindrage exécuté avec de l'eau, mais sans agrégation, après quarante-huit heures de séchage (matériaux siliceux et granitiques). Les résultats ne sont pas mauvais, mais ils ne sont pas très nets et l'on hésite encore à formuler des conclusions aussi bien pour l'un des procédés que pour l'autre.

c) Enfin, l'on a eu recours au répandage de plusieurs couches de goudron :

Dans le département de la Seine (service de M. Hétier, inspecteur général), une première couche légère de goudron a été étalée sur l'ancienne chaussée (0 kg. 600 par mètre carré); puis, répandage de la pierre (calcaire siliceux), cylindrage léger et étendage de 1 kg. 200 de goudron, enfin, achèvement de la compression avec agrégation et eau. La chaussée ainsi traitée s'est déformée sous le passage des lourdes charges; elle est jugée assez bonne, au contraire, pour une circulation légère.

A Paris (M. Vasseur), le même système a été essayé, mais avec addition d'une troisième couche de goudron sur le rechargement terminé et emploi, au total, de près de 4 kg. 400 par mètre carré (matériaux porphyriques). Résultats incertains.

De cet ensemble d'expériences, est-il possible de déduire quelques conclusions?

D'une manière générale, les essais sont très récents (la plupart datent du printemps ou de l'été 1909) et les ingénieurs, ou bien se sont abstenus d'énoncer une opinion sur la valeur des procédés appliqués par eux, ou bien n'ont formulé leurs appréciations qu'avec une grande prudence.

Il nous semble, cependant, résulter de la comparaison des essais tentés et des avis exprimés, que :

Les rechargements au goudron sont toujours fort élastiques, et, par conséquent, déformables pendant les premiers temps, ils le sont d'autant plus et d'autant plus longtemps que la quantité de goudron employée a été plus considérable. Il y a donc là un premier écueil à éviter qui est de mettre trop de goudron dans la chaussée et de laisser la circulation s'emparer trop tôt de la route après le rechargement.

Pour le même motif, il est douteux que de telles chaussées conviennent aux circulations pondéreuses; elles seraient plutôt appropriées aux circulations légères et automobiles.

D'autre part, il apparaît que les bons résultats ont été surtout signalés là où le goudron avait reflué et s'était étalé à la surface du rechargement.

L'on est donc amené à se demander si, dans les résultats constatés, ce n'est pas principalement l'effet protecteur du goudron superficiel qui est apparu, s'opposant aux dégradations de surface, qui sont celles qui se manifestent les premières? L'on serait d'autant plus tenté de le croire, que les désagrégations en profondeur ne se révèlent qu'à la longue, et que, précisément l'épreuve du temps manque encore à tous nos essais.

L'on a proposé, pour hâter la prise du goudron et son durcissement dans le corps de la chaussée, de l'additionner de chaux hydraulique, ou de ciment.

L'essai à la chaux a été fait dans les Deux-Sèvres et en Seine-et-Marne; l'essai au ciment, en Seine-et-Marne. Ils n'ont révélé aucune différence avec les essais où le seul goudron a été employé (M. Sigault).

Quant au prix de revient des rechargements goudronnés, ils sont très variables selon la quantité de goudron incorporé. L'on peut admettre, cependant, par approximation, que l'emploi de 3 kilogrammes de goudron par mètre carré majore le coût de la confection d'un mètre cube d'empierrement, de 2 à 3 francs, selon les circonstances.

En définitive, nous considérons que l'expérience des rechargements goudronnés doit être encore continuée et nos préférences iraient à la méthode suivante :

Une légère couche de goudron sur la fondation; répan-

dage des matériaux et compression à sec, sans agrégation, étendage d'une nouvelle couche de goudron très fluide sur la mosaïque, puis achèvement de la compression en recouvrant la surface de menus matériaux destinés à sceller les joints de la mosaïque. En tout 3 à 4 kilogrammes de goudron par mètre cube de pierres.

Tarmacadam. (Matériaux goudronnés avant leur emploi.)

Les essais de tarmacadam ont été, jusqu'ici, fort peu nombreux en France. Il faut chercher la cause de cette réserve dans la difficulté de se procurer de grandes quantités de matériaux goudronnés d'avance, et dans la prudence suggérée à l'égard d'un système exigeant des moyens d'exécution peu courants, par les résultats encore fort incertains des procédés plus simples auxquels l'on a tout d'abord reccuru (rechargements au goudron).

L'exemple de l'Angleterre, où le tarmacadam est fort en honneur, n'a pas, jusqu'ici, été suffisamment entraînant pour provoquer en France de grandes applications, bien que l'on nous informe que dans le Midi, l'on est sur le point d'entreprendre la fabrication industrielle de matériaux goudronnés.

Voici en quoi consistent les quelques essais qui nous ont été signalés :

Au premier rang, il faut citer la ville d'Aix-les-Bains, où M. Luya, conducteur des ponts et chaussées et ingénieur voyer municipal, a introduit l'usage des matériaux goudronnés depuis 1906, et en étend l'emploi chaque année. Les calcaires dont il se sert sont simplement trempés dans du goudron chaud (100 kilogrammes de goudron pour 1 mètre cube de matériaux). Il déclare avoir obtenu des chaussées élastiques dans de justes limites, qui ne sont pas déformées après quatre ans d'usage sous une circulation permanente de 100 colliers lourds (ce qui est peu de chose), mais augmentée l'été de 1 200 colliers légers (voitures légères et automobiles).

Ajoutons que la surface est goudronnée tous les ans.

Quant au prix de revient, M. Luya estime que si le procédé augmente de 7 fr. 30 le prix du mètre cube des matériaux calcaires, il lui permet d'éviter l'emploi de matériaux plus

durs et plus coûteux que nécessiterait la circulation, et que, de ce chef, il économise 1 franc par mètre cube de pierres.

Dans la Manche, un essai du même genre fait en 1909 avec des silex et des grès quartzeux, donne l'espérance d'une bonne tenue, mais l'ingénieur en chef, M. Cosmi, estime que le procédé sera toujours assez coûteux et qu'il conviendra de le limiter aux parties de chaussées à circulation intense où la dégradation est rapide, et dans la traversée des villes.

En Seine-et-Marne (M. Wender, ingénieur en chef), l'imprégnation de pierres silico-calcaires avec 80 à 100 kilogrammes de goudron par mètre cube, a donné d'assez mauvais résultats : les calcaires tendres paraissent mieux réussir, la chaussée s'usant régulièrement et restant unie.

En Seine-et-Oise, nous avons, dans notre service (M. Monet, ingénieur en chef), fait, en 1908, un essai de tarmacadam avec du porphyre goudronné. La section de chaussée située sur une route à circulation automobile intense (4 000 à 5 000 automobiles à certains jours), s'est, jusqu'à présent, comportée exactement comme les sections voisines. Il est juste de dire que les unes et les autres avaient reçu un goudronnage superficiel.

Parmi les matériaux que l'on a proposé d'employer à la confection des empierrements goudronnés, figure le laitier des hauts fourneaux, concassé.

Sous l'impulsion des Anglais, le procédé, sous le nom de *tarmac*, a reçu une certaine publicité. M. Arnaud, ingénieur du département de la Seine, au cours d'une mission d'études en Angleterre, s'était enquis des conditions de fabrication et d'emploi. L'on avait songé même à entreprendre en France la fabrication en grand du laitier goudronné.

Il résulte des renseignements recueillis que, à l'heure actuelle, ce projet a dû être abandonné en raison de l'impossibilité de se procurer dans notre pays du laitier convenable dans de bonnes conditions.

La conclusion de l'exposé que nous venons de faire est aisée à tirer :

Le tarmacadam est encore insuffisamment étudié en France ; l'expérience des Anglais permet de croire qu'il peut offrir, non pas la guérison des maux dont souffrent toutes les routes de France quelles qu'elles soient, mais un remède non à dédaigner pour des chaussées soumises à de certaines

circulations, et exposées à de certaines conditions climatériques. Il faudrait donc poursuivre et développer les essais en recherchant simultanément comment se comporte le goudron ainsi employé, selon les diverses natures de pierres, et suivant le degré d'oxydation auquel il est parvenu au moment de l'emploi des matériaux.

L'on ne peut donc que souhaiter voir ces questions abordées largement par les administrations de voirie françaises.

Le tarmacadam, plus coûteux assurément que les simples rechargements goudronnés, aura toujours sur ceux-ci l'avantage de la meilleure répartition du goudron et de la matière agglomérante entre les pierres, en un mot, l'avantage de l'homogénéité, cette qualité primordiale de toute bonne chaussée.

Dérivés du goudron et mélanges goudronneux.

Après l'emploi du goudron proprement dit, nous passerons à celui de ses dérivés et des mélanges goudronneux.

Huiles et brais. — Le brai est le résidu sec de la distillation du goudron; l'huile lourde en est, au contraire, le produit liquide.

L'on a imaginé d'incorporer le brai, mélangé au sable d'agrégation, dans le rechargement au moment de la compression. En arrosant ensuite avec de l'huile, l'on atteint le brai, et l'on reconstitue une sorte de goudron qui agglomère les pierrailles.

Ce procédé, sous le nom de *pitchmacadam*, a été expérimenté en Seine-et-Oise, dans notre service et dans celui de notre collègue M. Lorieux, et à Paris, où MM. les ingénieurs du service de la voie publique, Bret, Vasseur, Mathieu, en ont fait des applications assez étendues[1].

(1) Voici quelques-uns des dosages employés pour la composition de la matière d'agrégation :

SABLE LAVÉ	BRAI	HUILE LOURDE	
200 lit.	55 k.	12 k.	En outre de l'huile est répandue sur la surface de la chaussée.
200 —	60 k.	14 k.	Id.
200 —	55 k.	»	Toute l'huile est employée à être répandue à la surface de la chaussée à raison de 1 k. à 1 k. 200 par mètre superficiel.

Les essais sont bien récents pour qu'on puisse se prononcer définitivement à leur égard. Les sondages révèlent que, jusqu'à une profondeur de 2 ou 3 centimètres, l'huile a touché le brai et lui a rendu, dans une certaine mesure, de la plasticité. Ce brai régénéré ne constitue cependant pas un collant très énergique, et c'est surtout là où l'huile a formé à la surface un enduit protecteur que la chaussée s'est trouvée défendue contre les arrachements produits par les automobiles.

Quoiqu'il en soit, il peut y avoir là aussi un remède approprié à *certains* maux et à *certaines* routes, et il convient de poursuivre les observations avec intérêt, d'autant que le prix de revient n'est pas inabordable (augmentation de 0 fr. 40 à 0 fr. 60 au mètre carré, par rapport à un rechargement ordinaire).

Le pulveranto a été incorporé, dans la Loire-Inférieure, à des diorites. On arrosait la pierre au moment du rechargement.

La partie ainsi traitée, dit M. l'ingénieur Paviot, ne se distingue pas des autres parties quant à l'usure et à la poussière. Elle supporte une circulation lourde et industrielle de 800 colliers.

Béton de goudron. — Sous ce nom l'on désigne une mixture de goudron, de savon et d'argile, que l'on mélange à la pierre avant de la cylindrer.

Un essai fait à Paris, en 1907, rue Prony, avec les proportions suivantes : 1 mètre cube de pierre (grès durs) pour 0 m^3 500 de terre argileuse et 60 litres de goudron chaud additionné de 30 litres de lessive bouillante contenant 3 kilogrammes de savon noir, n'a donné que des résultats médiocres : pendant les deux premiers mois, la circulation a déplacé les matières et la chaussée s'est déformée rapidement (M. Vasseur). Elle a dû être complètement refaite depuis par les procédés ordinaires.

A Rouen, l'on a adopté un dosage différent : 1 mètre cube de pierres (grès quartzites), 0 m^3 200 d'argile et 45 à 50 kilogrammes de lessive de goudron.

L'essai tout récent, n'a pu encore donner lieu à une appréciation définitive au point de vue de la résistance. Cependant l'on signale que la couche est longue à se con-

solider. Elle supporte une circulation lourde, à laquelle s'ajoute le passage d'assez nombreux automobiles.

Il convient donc, jusqu'à plus ample informé, de réserver notre appréciation.

Tarvia. — La tarvia est un produit anglais breveté, dont la composition exacte est tenue secrète, mais qui est à base de goudron.

Pour l'incorporer dans un rechargement, l'on commence par la mélanger à chaud avec du menu gravillon. Une couche de cette mixture pulvérulente est étendue sur le sol à recharger; on étend par-dessus les matériaux d'empierrement, que l'on comprime légèrement, afin de faire remonter la matière entre les pierres, l'on étale à la surface une nouvelle couche du mélange tarviaté et l'on cylindre énergiquement.

Des essais ont été faits :

A Versailles, dans notre service. Ils sont trop récents pour que nous les jugions. Les sondages faits deux mois après l'application révèlent que la couche supérieure des pierrailles est enrobée dans une sorte de mastic à cassure molle et présentant de petits téguments élastiques. Mais l'épaisseur totale du rechargement n'est pas imprégnée de tarvia.

Dans cette expérience, le prix de revient du macadam a été majoré de 1 franc par mètre carré, mais ce chiffre n'a que la valeur d'une simple indication.

Une application identique, faite à Maisons-Laffitte, en octobre 1909, donne lieu, d'après M. l'agent voyer en chef Léry, aux mêmes observations.

A Rouen, l'essai est également très récent, et M. Trinatzius, ingénieur de la ville, nous fait connaître que comme cet empierrement a été fait par un temps pluvieux et a subi des pluies continuelles depuis son exécution, il ne lui a pas été possible d'en apprécier la valeur.

Enfin, nous signalerons l'emploi de la *Bitulithe*, produit se rapprochant de la tarvia. Il en a été fait un essai peu concluant à Paris, sur le boulevard Pereire et dans la rue Prony.

En définitive, la question des mélanges goudronneux n'est pas résolue elle non plus, et l'on ne peut que continuer les observations entreprises.

Nous avons terminé la revue des applications du goudron et de ses dérivés, pratiquées en France jusqu'ici.

Peut-on, à défaut de données formelles et de conseils précis — que le peu de durée de l'expérience ne permet pas, avons-nous dit, de déduire de ces essais, — en tirer cependant quelques indications générales?

M. Tur, ingénieur en chef adjoint de la voie publique de la Ville de Paris, s'exprime ainsi, au sujet des opérations poursuivies dans son service :

« Je ne saurais me hasarder à en prédire les résultats, mais je n'ai pas foi dans le succès d'un grand nombre d'entre elles... Il ne faut pas perdre de vue que le goudron est un composé mal défini d'hydrocarbures de toutes sortes, les uns gazeux, les autres liquides ou visqueux, d'autres même solides aux températures ordinaires.

« Ce produit, répandu sur une chaussée ou incorporé dans sa masse, doit donc nécessairement changer très rapidement de nature; les hydrocarbures liquides sont entraînés par les eaux de pluie ou d'arrosage; les hydrocarbures volatils disparaissent dans l'atmosphère. Au bout de très peu de temps, il ne reste plus que des hydrocarbures visqueux ou solides.

« Et comme ceux-ci, à leur tour, sont très peu stables, on finit par n'avoir à peu près plus rien du tout, sinon une matière charbonneuse qui n'a ni plasticité, ni résistance à l'usure.

« Un corps de ce genre ne saurait mériter d'être employé à grands frais, car les résultats qu'il donnera seront nécessairement de fort courte durée.

« Aussi bien, sans pouvoir encore me prononcer sur les rechargements avec goudron incorporé, j'avoue ma préférence pour le goudron simplement répandu sur un empierrement neuf, par un temps sec. C'est là un procédé bien peu onéreux, et qui, s'il ne saurait avoir de grandes ambitions, a, au moins, le mérite de tenir tout ce qu'il promet. ».

Il est certain que le goudron est un composé peu stable et qu'il faut proportionner l'intérêt qu'on lui accorde et les dépenses que l'on fait pour son application, à la résistance et à la durée supplémentaire qu'il peut communiquer aux chaussées.

Si le goudron s'altère en un an (c'est une hypothèse), et s'il est capable d'augmenter de la même quantité la vie d'une route, le fait aura une grande importance pour des chaussées qu'il fallait refaire régulièrement au bout de deux, trois ou quatre années; il en aura beaucoup moins pour les empierrements peu fatigués qui durent huit, dix ou quinze ans abandonnés à eux-mêmes.

La question est donc de savoir si les cas où l'utilité du goudron sera en rapport avec les dépenses qu'entraîne son incorporation, sont fréquents. Plus optimiste que M. Tur, nous le pensons.

Il est à noter, en effet, que l'expérience française sur la désintégration des goudrons a presque exclusivement porté jusqu'à présent sur les goudronnages de surface. Or, la décomposition du goudron incorporé dans la masse des empierrements est probablement beaucoup moins rapide que celle du goudron superficiel; la perméabilité du macadam à l'air et à l'eau joue vraisemblablement aussi un grand rôle, encore mal défini; il en est de même des conditions d'oxydation préalable des matériaux d'exécution de la chaussée et des soins donnés à celle-ci pour l'entretenir.

A Paris, par exemple, où l'on arrose les rues avec abondance pour les débarrasser de leur poussière et de leur boue, l'humidité persistante est, à coup sûr, un facteur très actif de la non conservation du goudron.

Dès lors, n'est-il pas permis d'espérer que, judicieusement employée, cette matière pourra conserver ses propriétés agglomérantes assez longtemps pour justifier, dans bien des cas, la dépense occasionnée par son emploi?

Nous conclurons donc qu'il importe de poursuivre les expériences d'incorporation, soit sous la forme de rechargement goudronné, soit sous la forme du tarmacadam et de chercher à se rendre compte avec précision de la manière dont le goudron se comporte, se conserve et s'altère selon les circonstances de l'essai. Car, si le macadam au goudron est destiné à périr lorsque le goudron lui-même sera décomposé, il est, néanmoins, susceptible de prolonger la vie des chaussées: l'intérêt de son emploi se mesurera, pour une route déterminée, au bénéfice que l'on retirera de cette prolongation de durée, en regard de la durée ordinaire de la route.

§ 4e — Asphaltes et dérivés

L'incertitude où l'on est quant à la durée des goudrons employés en chaussée, attire l'attention sur les produits asphaltiques, mieux définis et plus stables, grâce auxquels on peut espérer, avec des frais de premier établissement sans doute plus élevés, des résultats plus complets et plus durables.

L'expérience des chaussées asphaltées des rues de certaines grandes villes, notamment de Paris, qui offrent des surfaces de roulement excellentes et relativement très résistantes, imperméables et faciles à nettoyer, devait orienter, en effet, les recherches vers l'application des composés de la série des bitumes à la confection du macadam.

Nous n'avons pas à traiter ici des dallages formés d'une couche de poudre asphaltique pilonnée à chaud sur une fondation en béton, ou d'une matrice d'asphalte coulée sur une armature en pierre dure (asphalte armé), non plus que de la fabrication et de la mise en œuvre des diverses variétés de pavés asphaltiques. Ces sujets sont connus et ont été déjà traités ailleurs (1).

Le nôtre est limité aux empierrements et aux améliorations que l'emploi des agglomérants perfectionnés de cette famille peuvent leur apporter.

Les recherches dans cet ordre d'idées sont, en France, encore à leurs débuts.

L'on a essayé, à Nantes, un produit dénommé Rapidite-bitumine, dont l'exacte composition ne nous a pas été donnée.

L'on arrosait la pierre cassée (diorites et quartz) cylindrée avant d'y répandre la matière d'agrégation, avec une émulsion d'eau et de rapidite aux dosages de 25 et de 50 p. 100. La bitumine s'est desséchée rapidement, n'offrant plus alors aucun liant. (M. Paviot, ingénieur.)

Au Bois de Boulogne, à Paris, M. Forestier a aussi employé ce produit, mais d'une manière un peu différente : Au moment du cylindrage de la pierre (silex), lors du premier sablage, arrosage avec émulsion dans l'eau à 20 p. 100; ensuite et jusqu'à la fin du cylindrage, arrosage avec mélange

(1) Voir à ce sujet les Rapports et Comptes rendus du 1er Congrès International de la Route.

à 40 p. 100. L'homogénéité de la chaussée a été augmentée de façon sensible et les résultats, sous une circulation nombreuse, mais légère, semblent assez bons. Toutefois, ajoute M. Forestier, il conviendrait de procéder à d'autres expériences avant de généraliser cette appréciation.

En raison de la contradiction existant entre les deux essais, c'est à cette dernière opinion qu'il faut évidemment se tenir.

Voici, maintenant, ce qui a été tenté au point de vue de l'incorporation de l'asphalte proprement dit :

Nous avons procédé à une première expérience à Versailles en mai et août 1909, en nous proposant le but suivant : Constituer avec de la pierraille très dure et un mortier asphaltique approprié, un béton plein, mais dans lequel les cailloux seraient aussi serrés que possible les uns contre les autres, de manière à supporter la majeure partie du travail de la route, le mortier ne devant servir que d'agglomérant et, dans une certaine mesure, de protecteur de la surface sur laquelle il reflue légèrement; étendre ce béton en couche peu épaisse (5 centimètres environ) à la surface d'un empierrement ordinaire soigné (1), réglé au niveau voulu; réaliser ainsi une chaussée à deux couches: couche inférieure formant une fondation offrant une certaine élasticité, et couche supérieure résistante, destinée à recevoir la fatigue de la chaussée et pouvant être réparée ou renouvelée facilement.

Les matériaux qui ont été mis en œuvre sont :

Du gravillon de porphyre de Voutré (Mayenne), de dimensions variant de 1 à 4 centimètres, mélangés;

Du sable ordinaire;

Du mastic asphaltique du genre ordinairement employé dans la confection des trottoirs bitumés;

Un fondant (nous avons pris comme fondant le bitume dit « Brai de Trinidad », mais l'on pourrait rechercher l'emploi d'une matière plus économique. Nous avions, dans des

(1) Rien n'interdit de confectionner cet empierrement subjacent avec du tarmacadam ou par toute autre méthode perfectionnée. Cependant il semble à priori préférable de ne pas le constituer de matériaux imperméables de manière à permettre à l'eau que laisserait filtrer la couche supérieure, si celle-ci vient à se fissurer, de s'éliminer.

essais préalables, tenté de remplacer en partie le fondant par du goudron: nous y avons renoncé parce que le goudron demeure fluide beaucoup plus longtemps que le reste du mélange et s'en sépare pendant le refroidissement).

Les proportions de mastic et de fondant ont été :

Première expérience, 100 kilogrammes de mastic pour 15 kilogrammes de fondant;

Deuxième expérience, 100 kilogrammes de mastic pour 30 kilogrammes de fondant.

Il a été employé, en moyenne, 900 kilogrammes de mélange asphaltique par mètre cube de pierrailles. Cette quantité est, d'ailleurs, exagérée, car le béton obtenu était trop gras: elle résulte de l'imperfection des moyens d'exécution dont on disposait. Dans les essais que nous comptons poursuivre ultérieurement, elle devra être très notablement diminuée.

Jusqu'à présent, la section de route ainsi traitée et qui supporte tout à la fois une très forte circulation automobile (4 000 à 5 000 autos à certains jours) et une circulation lourde (chemin menant aux dépôts de voirie de Versailles), s'est très bien comportée par le temps sec, comme par la pluie. La surface n'est aucunement glissante. Aucune trace de désagrégation ne s'est manifestée, alors que sur les sections voisines, qui ont reçu un goudronnage superficiel, celui-ci qui s'est maintenu excellent pendant l'été, souffre sérieusement de l'action combinée de la saison humide et du trafic.

Mais une appréciation complète ne saurait être portée sur la méthode avant la fin de l'hiver, car il importe de se rendre compte si le liant asphaltique résistera bien aux effets de la gelée.

L'essai a coûté cher en raison des circonstances dans lesquelles il a été exécuté. Mais nous estimons que, en évitant les faux frais considérables inhérents à toute expérience, et en ramenant à la quantité exactement nécessaire l'asphalte employé, une application coûterait de 4 à 5 francs tout au plus par mètre superficiel, non compris la confection du macadam subjacent. Ce dernier étant protégé, devrait d'ailleurs durer fort longtemps, s'il a été bien fait et repose lui-même sur un bon sol de fondation.

Si le macadam asphaltique, que nous venons de décrire (1), subit avec succès l'épreuve de l'hiver, il constituerait, croyons-nous, un revêtement intermédiaire comme solidité et comme coût, entre le pavage qui résiste à presque toutes les circulations, mais, qu'en raison de son prix élevé l'on réserve pour les trafics les plus fatigants, et l'empierrement qui, même fortifié de goudron, est incapable de durer sous certaines circulations.

L'on a fait, d'autre part, à Paris, en septembre 1909, au service municipal (MM. Tur, ingénieur en chef, Vasseur, ingénieur), les deux essais suivants de rechargements asphaltiques.

Dans le premier, un produit dénommé Gonasco, solution de bitume pur dans de l'huile lourde de houille, est mêlé à chaud dans une bétonnière à la pierraille composée de matériaux de porphyre cassés aux dimensions de 0 m. 005 à 0 m. 01 mêlés à de la poussière de porphyre. Le mélange est répandu immédiatement à l'épaisseur que doit avoir la nouvelle chaussée, sur l'ancien empierrement simplement décapé; on laisse refroidir, puis l'on cylindre.

Le mélange a été fait en diverses proportions données dans le tableau ci-après :

Porphyre de $0^{m}02$ à $0^{m}04$ . . .	100	100	100	100
Gravillon de $0^{m}005$ à $0^{m}01$ . .	60	75	75	50
Poussière de porphyre	15	»	»	»
Gonasco	8	8	8	8
Épaisseur de la couche après compression	$0^{m}10$	$0^{m}15$	$0^{m}15$	$0^{m}15$

Les ingénieurs déclarent l'application trop récente pour émettre un avis sur sa valeur; cependant, ils considèrent

(1) Ce macadam asphaltique a certaines analogies avec le « Binder » employé dans les chaussées américaines construites aux Etats-Unis, notamment à New-York, par M. Clifford Richardson.

Ces chaussées se composent : d'une fondation en béton de ciment, d'une couche de « Binder » en béton asphaltique formé de pierrailles et de sable très soigneusement dosés, d'une couche superficielle ou de roulement constituée par un mastic bitumineux. Mais tandis que le « Binder » joue le rôle d'un matelas élastique entre la fondation indéformable et la couche de roulement, notre béton asphaltique reçoit au contraire directement le trafic et transmet les charges à la couche légèrement élastique de l'empierrement inférieur. Il est inutile d'ajouter que la chaussée américaine aurait en France un prix de revient considérablement plus élevé que la chaussée recouverte de macadam asphaltique et qu'elle répond à d'autres besoins.

cet essai, effectué d'après des idées émises par M. Clifford-Richardson, le spécialiste américain, comme intéressant.

L'expérience a coûté assez cher, mais M. Vasseur pense que, dégagé des faux frais, le coût d'une opération normale, si l'on réduit l'épaisseur, après cylindrage, à 0 m. 12, ne dépasserait pas 6 à 8 francs par mètre carré.

Dans le deuxième essai, a été mis en œuvre un produit nommé Dustabato, dont la composition ne nous a pas été indiquée.

Le porphyre cassé à 0 m. 04 0 m. 06, a été répandu, sur la forme et cylindré à sec, sans aucune agrégation, de façon à constituer une couche de 0 m. 11 après compression. Après serrage suffisant, l'on a versé treize parties de goudron de houille ordinaire, dans lequel on avait fait fondre vers 120°, vingt parties du produit bitumineux. Le mélange remplit partiellement les vides; on répandit ensuite une couche de gravillon de porphyre de 0 m. 01 et l'on termina le cylindrage.

Cette application qui se rattache, jusqu'à un certain point, aux rechargements goudronnés est, disent les expérimentateurs, encore trop récente pour qu'ils puissent en apprécier les résultats. Jusqu'ici, ceux-ci ne paraissent pas mauvais.

Enfin, l'on a essayé, toujours à Paris (M. Pellé, ingénieur), la roche d'asphalte elle-même, comme matière d'agrégation, dans un empierrement en grès dur des Ardennes.

Première application : Rechargement avec emploi de la roche asphaltique concassée à la grosseur d'une forte noisette et arrosages légers au cours de l'opération. Mauvais résultats : la roche asphaltique se réduisait en pâte épaisse et s'attachait au cylindre compresseur; d'où dégarnissage de l'empierrement et formation sur la chaussée de croûtes d'asphaltes sans adhérence.

Deuxième application : Même méthode, mais sans arrosage.

Le résultat a été identique au précédent, sauf que la croûte formée était sèche au lieu d'être humide.

Troisième application : La roche asphaltique a été concassée à la grosseur d'une noix, puis répandue sur la pierre

avant cylindrage et mélangée superficiellement à celle-ci avec un râteau.

Le résultat, quoique moins mauvais que les précédents, n'a pas été satisfaisant. La roche asphaltique une fois écrasée liait incomplètement les pierrailles; il a fallu ajouter du sable pour terminer le cylindrage, et la chaussée obtenue se dégradait plus facilement que la chaussée voisine faite par les procédés ordinaires.

En définitive, l'emploi des liants asphaltiques dans les empierrements ouvre une voie fort intéressante aux recherches.

Il semble, d'ailleurs, que c'est, non pas aux pierres naturelles n'ayant subi aucune préparation qu'il faut s'adresser, mais aux mastics bitumineux déjà usinés.

Il en résulte que le coût de ces applications sera toujours assez élevé, en France du moins, où la production du bitume est fort restreinte.

Mais, d'une part, l'on peut espérer, grâce aux perfectionnements de la technique, voir s'abaisser les prix de revient des applications faites jusqu'à présent; d'autre part, on peut penser que ces procédés, une fois mis au point, combleront une lacune et donneront des revêtements de chaussée intermédiaires entre l'empierrement simple, goudronné ou non, peu coûteux mais trop frêle sous certaines circulations, et le pavage limité, par son prix plus élevé encore, aux chaussées qui supportent les trafics les plus intenses. Ils constitueront donc un réel et fort important progrès.

EMPLOI DE BANDES DE ROULEMENT DANS LES CHAUSSÉES PAVÉES

L'enquête à laquelle nous nous sommes livré sur ce sujet, ne nous a révélé qu'une application en France des bandes de roulement, dans le département de la Gironde.

Ce n'est pas que certains inventeurs n'aient proposé des systèmes plus ou moins ingénieux pour faire circuler les voitures de charge sur des sortes de rails, formés de fers profilés diversement, encastrés dans la chaussée.

Mais ces systèmes n'ont pas encore retenu l'attention des ingénieurs, et il ne semble pas, à tout prendre, qu'ils soient

destinés à recevoir en France un accueil très enthousiaste.

Dans la Gironde, disons-nous, l'on a essayé, dans la période de 1873 à 1892, d'introduire :

Deux bandes empierrées dans une chaussée pavée;

Deux bandes pavées dans une chaussée empierrée.

L'on n'a obtenu ainsi qu'une amélioration passagère; attirant toute la circulation, ces bandes furent rapidement usées ou disloquées.

L'on a essayé, dans le même département, il y a vingt ans environ, la pose de fer en ⊔ longitudinaux, mais sans plus de succès.

L'ingénieur en chef, M. Clavel, s'exprime ainsi au sujet de ces expériences :

« Le principal défaut de ces systèmes est la discontinuité du profil en travers, l'usure concentrée en des points déterminés, où se forment des ornières, alors que les points intermédiaires restent en saillie. Il paraît à craindre que ce ne soit un défaut commun à tous les systèmes de bandes de roulement. »

D'autre part, M. Tur, ingénieur en chef adjoint de la Ville de Paris, après avoir constaté qu'à Paris la circulation est constituée par une trop grande variété de véhicules, de vitesse différente, pour que des bandes de roulement puissent y avoir le moindre intérêt, ajoute :

« Au surplus, les bandes de roulement vraiment perfectionnées et efficaces ne sont-elles pas les rails de tramways? Et vous n'ignorez pas combien leur installation et leur entretien sont délicats. Selon moi, l'installation des tramways dans les rues de Paris, est, depuis trente ans, un des plus actifs facteurs de la rapide destruction de nos chaussées. »

Les deux opinions que nous venons de rapporter se complètent et résument parfaitement notre avis personnel. Les bandes de roulement sont nuisibles à la conservation de la chaussée et, par suite, au bout d'un temps plus ou moins long, elles sont préjudiciables aux véhicules eux-mêmes, parce qu'elles introduisent dans la route cet élément de dislocation que l'on doit avant tout chercher à éviter : le défaut d'homogénéité.

Elles ne sont admissibles que comme moyen de fortune, par exemple lorsqu'il s'agit de créer des pistes carossables le long de routes défoncées et impraticables. Mais avons-

nous à nous occuper de semblables chaussées, sinon pour conseiller simplement de les reconstruire?

PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

Nous conformant au titre de la question posée, nous nous bornerons à indiquer les perfectionnements et développements que la lutte contre l'usure et la poussière a reçus en France, évitant de revenir sur la description détaillée des méthodes connues.

Usure en profondeur : Cette question se rattache intimement à celle des liants, qui a été traitée dans le chapitre précédent. Nous n'y reviendrons pas.

Nous signalerons seulement, à titre documentaire, que le pavage en matériaux durs (granits, porphyres, etc.), semble recevoir, en France, un certain développement dans les régions où le trafic industriel se combine à une circulation active de voitures légères (notamment aux environs de Paris).

D'autre part, deux essais ont été faits, à Paris et à Puteaux (Seine), pour l'emploi des petits pavés mosaïqués (Kleinpflaster).

Ils sont encore en observation et les ingénieurs se réservent, avant de conclure, à l'extension du système.

Usure en surface et poussière : C'est cette question dont nous avons principalement à nous occuper.

Les procédés employés se rattachent à l'emploi des matières suivantes :

Les goudrons; les pétroles et huiles diverses; les émulsions huileuses solubles dans l'eau; l'eau additionnée ou non de sels déliquescents.

1) Emploi du goudron :

Les goudronnages superficiels se sont sensiblement développés en France depuis quelques années : il existe aujourd'hui peu de départements où quelques applications n'en aient été faites. Dans certains, comme aux environs de plusieurs grandes villes, ils ont pris une extension considérable et ils commencent à se ranger parmi les méthodes normales d'entretien des chaussées.

L'on emploie généralement le goudron chauffé à 70°; dans un certain nombre d'endroits, le goudron froid fluidifié par l'addition de 10 p. 100 d'huile lourde (1).

Le répandage et l'étendage se font au moyen de balais (tonnes roulantes munies de balais, ou arrosoirs à la main et équipe de balayeurs), soit au moyen de la pulvérisation. Chacun de ces systèmes a ses avantages et ses inconvénients, sans que l'on puisse attribuer à l'un ou à l'autre une préférence marquée.

Le goudronnage par le feu (flambage du goudron répandu sur la route), essayé en plusieurs endroits, ne s'est pas développé.

D'une manière générale, l'on peut dire que le choix du système est fixé uniquement par les circonstances, l'étendue des chantiers, les commodités locales pour l'approvisionnement des matières, et les propositions plus ou moins avantageuses des entrepreneurs.

Voici maintenant les résultats que nous dégageons des informations recueillies par nous.

La *quantité de goudron* employée par mètre carré varie de 1 à 2 kilogrammes; la proportion la plus communément adoptée est celle de 1 kg. 500 pour une première opération. Une deuxième ou une troisième n'exigent qu'une quantité moindre.

La *durée* du goudronnage ainsi exécuté varie essentiellement avec les circonstances suivantes :

— Epoque à laquelle l'opération a été faite. Il importe de la faire avant l'été, dès que la chaussée est asséchée.

— Etat de l'empierrement. Il est nécessaire d'opérer sur une chaussée en bon état, sans flâches, où le goudron forme non pas un tapis, mais une sorte de mosaïque sans points faibles.

— Exposition de la route et climat. Sur une route bien exposée, s'asséchant facilement, le goudronnage persiste beaucoup plus longtemps. De même un climat sec est favorable à la conservation de l'enduit.

— Profil en travers de la chaussée. Une chaussée trop plate s'assèche mal, et le goudron y périt rapidement. Mais sur

(1) Ce procédé, que nous avons introduit dans la pratique en 1905, a été décrit dans un article paru aux Annales des Ponts et Chaussées, 3e trimestre 1905.

une chaussée trop bombée, le goudron disparaît également vite, parce que la circulation se concentrant sur l'axe de la voie, inflige au revêtement un surcroît de fatigue qui le détruit.

— Nature des matériaux. La chaussée est momentanément protégée par le goudronnage contre l'usure superficielle, mais elle n'est soustraite que partiellement aux actions percutantes et vibratoires, et aucunement à l'action du poids des charges roulantes. Dès qu'elle s'écrase ou s'affaisse, la surface goudronnée se disloque, le goudronnage est entamé et sa destruction vient rapidement. La durée des goudronnages est donc favorisée par la bonne qualité des matériaux constituant l'empierrement. L'ancrage de la croûte de goudron est, d'ailleurs, plus aisé dans les chaussées en matériaux durs.

— Genre et intensité de la circulation. Les circulations légères, mêmes actives, n'entament que peu un goudronnage bien fait. Les lourdes charges sont, au contraire, un agent destructeur, dont l'effet est surtout redoutable au moment de la saison humide.

— Soins apportés à l'entretien de la chaussée goudronnée. L'on prolonge la vie du goudronnage en réparant les blessures et les accrocs qu'il reçoit au fur et à mesure qu'ils apparaissent, c'est-à-dire en badigeonnant de goudron les parties qui se dégarnissent. Il y a intérêt aussi à balayer la surface et même à l'arroser parfois, en été, lorsque les détritus apportés par les roues de voitures ou amoncelés par le vent, se sont accumulés. Mais on évitera de répéter trop souvent l'arrosage et de détremper le goudron, car le grand ennemi des goudronnages, c'est l'eau.

En considération de toutes les circonstances que nous venons d'indiquer, l'on ne s'étonnera pas que la durée assignée au goudronnage par les ingénieurs que nous avons consultés varie entre quelques mois et deux ans, et que la plupart d'entre eux considèrent que l'opération doit, pour être efficace, être refaite chaque année. (Sur l'avenue du Bois de Boulogne, à Paris, l'on fait même deux goudronnages par an.)

Comme le prix de revient d'une opération oscille aux environs de 0 fr. 12 à 0 fr. 15 par mètre carré, il n'y a pas lieu de s'effrayer outre mesure de cette répétition.

Quant à la *prolongation de la durée des chaussées* résultant du goudronnage, voici, d'après l'ensemble de la documentation rassemblée par nous et d'après notre propre expérience, ce qu'on en peut dire:

Les mesures directes d'usure comparative qui ont été tentées jusqu'à présent, n'ont rien donné de certain, en raison de l'imprécision des instruments employés[1]. Au surplus, sur les routes à circulation lourde, les observations de ce genre n'ont plus de sens, dès que la chaussée commence à se déformer; on ne pourrait obtenir de résultats probants qu'en poussant l'expérience pendant cinq, six, dix ans, et constatant au bout de combien de temps, et dans quelle mesure deux rechargements exécutés simultanément, l'un goudronné, l'autre non goudronné, périront.

Mais sans fixer de chiffres précis, il apparaît avec certitude que :

a) En saison sèche, le goudronnage supprime ou, du moins, diminue notablement l'usure et enraie largement les dégradations de l'empierrement, quelle que soit la circulation. Ces résultats sont particulièrement frappants sur les routes parcourues par une circulation légère et rapide. Sur les voies fréquentées par un très grand nombre d'automobiles, il est démontré que le goudronnage évite la destruction — qui se produirait en une saison quelquefois — de l'empierrement et lui permet de durer, doublant ou triplant ainsi son existence.

b) En saison humide, le goudronnage conserve la chaussée tant qu'il n'est pas lui-même détruit par l'effet combiné du trafic et de l'eau. Ce résultat, obtenu couramment lorsque la circulation d'hiver est faible, a permis à certains expérimentateurs de conclure, d'une manière générale, à la diminution de boue sur les chaussées goudronnées.

Nous estimons que cela est vrai seulement jusqu'à un certain chiffre de circulation; qu'au-dessus de ce chiffre, la boue se forme comme sur les chaussées non goudronnées; que, jusqu'à une autre valeur du trafic, il ne résulte de cette boue goudronneuse ni bien ni mal pour l'empierre-

(1) Un appareil exposé à Paris au 1er Congrès International de la Route et appliquant le principe de l'enregistrement graphique à la mesure des profils de route, pourrait sans doute être employé avec plus de succès.

ment; mais, qu'au-dessus de cette valeur, la boue goudronneuse, entretenue et malaxée par les roues des voitures, ne sèche plus et devient, au contraire, une cause de désagrégation pour la chaussée.

Il va de soi que l'on ne saurait fixer des nombres et que ceux-ci dépendront tout à la fois du climat, de l'exposition et du profil de la chaussée, comme de la proportion des voitures lourdes par rapport aux voitures légères. Chaque ingénieur appréciera le « point » jusque auquel ou à partir duquel le goudronnage d'hiver est bon, moins bon ou mauvais, et les cas où ses inconvénients l'emporteront sur les avantages qu'il procure l'été.

Nous ajouterons que l'opinion que nous venons d'exprimer est appuyée non seulement sur sept années de pratique de goudronnages poursuivis par nous aux environs de Paris, sur des chaussées extrêmement variées, mais aussi sur des résultats d'expériences qui nous sont signalés de nombreux côtés (Côte-d'Or, Creuse, Gironde, Paris, Seine-et-Oise, Deux-Sèvres, Vendée, Vosges, Yonne).

C'est ainsi que se fera le départ entre les chaussées qu'il y a intérêt et économie à goudronner (et elles sont nombreuses), celles pour lesquelles le goudronnage est indifférent, et celles où, au contraire, il faut s'abstenir de l'enduit de goudron.

2) **Emploi des pétroles et huiles diverses** :

L'usage de ces matières ne s'est pas développé en France.

Nous nous bornerons à rappeler que l'étendage des huiles provenant de la distillation du pétrole: mazout, huile neutre, pétrole d'Ain Zeft, etc., a été expérimenté en Seine-et-Oise, dans le Loiret, en Algérie... L'on a obtenu généralement une sorte de tapis moelleux légèrement plastique, supprimant complètement la poussière, mais se transformant en boue avec les pluies de l'automne, sous l'influence d'une circulation un peu active. A Mostaganem, cependant, la couche aurait duré un an sous un trafic de 400 colliers; l'on se trouve, il est vrai, dans des conditions climatériques différentes de celles de la Métropole.

Les essais faits dans la Drôme avec du pétrole pulvérisé, en Seine-et-Marne avec des résidus de créosote et dans les

Vosges avec du carbonyle (huile verte à injecter les bois), n'ont donné aucun résultat probant.

3) Emploi des émulsions huileuses mêlées à l'eau :

Ces émulsions sont nombreuses : leur type est la Westrumite. Les essais faits en France, dans un assez grand nombre de départements, confirment l'opinion déjà consacrée par le premier Congrès international de la route : leur efficacité est de très courte durée, et il faut répéter les arrosages fréquemment par saison. Le prix de revient au mètre carré s'élève donc vite et devient rapidement prohibitif. Ce sont, par conséquent, des procédés de luxe dont l'utilité n'apparaît que lorsqu'il s'agit d'enduire rapidement, et pour un temps limité, une surface déterminée, par exemple pour une course, un cortège, etc...

4) Emploi de l'eau additionnée ou non de sels déliquescents :

Nous ne parlerons que pour mémoire de l'arrosage à l'eau pure, dont les perfectionnements se rattachent uniquement aux progrès des appareils d'arrosage. L'on possède maintenant des tonneaux automobiles munis de distributeurs pulvérisants et réglables, qui permettent d'arroser vite et sans excès d'eau les rues et avenues, quelle que soit leur largeur. Nous nous dispenserons de les décrire.

L'action de l'eau pure sur la poussière est essentiellement temporaire, et les perfectionnements dont nous venons de parler ne sauraient la prolonger : ils ont surtout pour effet d'opérer rapidement et d'éviter l'excès d'eau, si préjudiciable à la conservation du macadam.

L'emploi des sels déliquescents, en solution dans l'eau, a, au contraire, pour objet de retenir plus longtemps l'eau répandue sur le sol, et aussi d'y fixer l'humidité de l'atmosphère.

L'on a essayé en France :

Le chlorure de sodium.

A Paris, 25 kilogrammes dissous dans 1 200 litres d'eau ont prolongé la durée d'un arrosage ordinaire d'environ 25 à 30 p. 100 (1 h. 25 au lieu de 1 h. 5).

Au Bois de Boulogne, une solution beaucoup plus concentrée, contenant un sixième de sel, en poids, a eu une durée

de trois ou quatre jours. Dans le Puy-de-Dôme, avec 13 kilogrammes pour 100 litres d'eau, on obtient un résultat un peu plus durable. En Seine-et-Oise, en répandant le sel sur la route et versant l'eau par-dessus, on a obtenu une croûte qui a persisté quelques jours.

Au total, il ne paraît pas que le chlorure de sodium ait une hygroscopicité suffisante pour entrer dans la pratique.

Le chlorure de magnésium et le chlorure de calcium.

Ces deux sels, qui ont une affinité pour l'eau beaucoup plus grande que le chlorure de sodium, ont été expérimentés en divers endroits : à Paris (voie publique et au Bois de Boulogne), et dans les départements de Meurthe-et-Moselle, de la Seine, de Seine-et-Oise, de Vaucluse. Les dosages employés ont été très variés, ce qui rend fort difficile un exposé comparatif des résultats obtenus, lesquels diffèrent aussi selon la saison où les expériences ont été faites et les circonstances atmosphériques (pluies, état hygrométrique) qui les ont accompagnées.

Nous pouvons dire, cependant, que ces applications ont permis, dans certains cas, de maintenir presque sans poussière, au moyen de quelques arrosages à l'eau pure supplémentaires, des sections de routes qui, auparavant, exigeaient que l'on y répande des tonnes d'eau d'un bout à l'autre de la journée.

A Versailles, nous employons, en été, le chlorure de calcium sur certaines chaussées qu'il est impossible de goudronner en raison de leur état et sur lesquelles il importe, cependant, de combattre victorieusement la poussière.

En répandant par deux arrosages assez rapprochés le sel dissous dans l'eau, de manière à ce que 1 mètre carré reçoive 1 kilogramme de sel et, si le temps reste sec, moyennant quelques arrosages supplémentaires à l'eau pure, l'on obtient un résultat satisfaisant pendant un mois ou six semaines. La dépense s'élève à environ 0 fr. 10 par mètre carré. Le système ne peut donc être généralisé, mais il est susceptible de rendre des services dans bien des cas.

Emploi de l'eau de mer.

Les arrosages à l'eau de mer, qui contient les différents chlorures, n'est pratiqué encore que dans quelques localités.

Dans le département de la Manche, on répand l'eau de mer en quantité quelconque, au moyen de tonneaux d'arrosage. Le résultat obtenu, dit M. l'ingénieur en chef Cosmi, est plus durable que l'arrosage à l'eau ordinaire; la poussière est atténuée, mais non supprimée.

Dans le Calvados, à Deauville, l'arrosage à l'eau de mer est substitué, depuis 1905, à l'arrosage ordinaire. D'après le chef de service, M. Lefebvre, la poussière est fixée sur la route, colmatée, pour ainsi dire, après une vingtaine d'épandages. 160 000 mètres carrés de chaussées sont ainsi traités chaque année. Jusqu'en 1908, l'on a pu faire face aux besoins avec 140 à 150 mètres cubes d'eau de mer par journée; en présence des résultats obtenus, la municipalité a décidé de créer deux nouveaux postes de puisage, de manière à renforcer le service et l'on prévoit l'emploi de 250 à 300 mètres cubes par jour.

Les prix de revient pour la nouvelle installation sont évalués ainsi :

0 fr. 282	le m. c.	si l'on répand	145^{m3}	par jour,	ce qui exige	3	attelages.
0 fr. 270	—	—	195	—	—	4	—
0 fr. 262	—	—	240	—	—	5	
0 fr. 257	—	—	290	—	—	6	—

Ces chiffres, appliqués à 160 000 mètres carrés, représentent par mètre carré une dépense journalière de :

0 fr. 00030, 0 fr. 00032, 0 fr. 00039, 0 fr. 00046.

L'eau de mer ne subit pas de concentration préalable; les applications ont lieu, en moyenne, toutes les deux heures. L'on a pas eu à souffrir des cristallisations de sel marin à la surface des chaussées : celui-ci forme, au contraire, avec la poussière de la route, une croûte difficile à désagréger, malgré une intensité de circulation évaluée à certains jours et certains endroits à 1 500 à 2 000 véhicules par jour. (Deauville est une villégiature très fréquentée l'été.)

Dans la Vendée, aux Sables d'Olonne, autre villégiature, existe un service d'eau de mer pour l'arrosage des rues de la ville, qui se fait au moyen de canalisations, de bouches et de lances.

Le procédé donne de très bons résultats pendant la sécheresse, dit M. l'ingénieur en chef Cléry, mais à l'automne, il faut ébouer plusieurs fois pour débarrasser la chaussée de

la croûte de sel et de poussière agglomérés à la surface dans le cours de la belle saison. A raison de 1 litre par mètre carré, ces arrosages reviennent à 0 fr. 0003 par mètre superficiel.

Enfin, à Mostaganem (Algérie), l'arrosage à l'eau de mer fonctionne depuis douze ans en été (1er mai au 15 septembre), sur une chaussée faite de grès siliceux, agrégés avec du sable fin et supportant 1500 à 2000 colliers. D'après M. l'ingénieur Caufourier, cet empierrement absorbe l'eau et la cristallisation du sel se produit dans les pores de la chaussée, et non en croûte. C'est à cette porosité qu'il attribue les bons effets constatés; ceux-ci seraient moins bons avec un agglomérant marneux imperméable.

En présence du petit nombre des expériences, il serait prématuré de décider s'il faut favoriser la croûte protectrice de sable et de sel marin, comme on le fait à Deauville et aux Sables d'Olonne, ou, au contraire, chercher à l'éviter, comme à Mostaganem. Il est probable que la réponse à cette question dépend de la circulation d'hiver dans chaque localité et des inconvénients que peut offrir pour elle la désagrégation de la croûte saline. Dans tous les cas, il paraît utile de favoriser la pénétration des sels dans les interstices des pierres, afin que, s'y cristallisant, ils les agglomèrent et les colmatent, soustrayant ainsi la matière hygroscopique à l'action directe des véhicules : l'on serait ainsi conduit à conseiller l'emploi de l'eau de mer sur les chaussées offrant une certaine porosité.

Somme toute, les applications d'eau de mer faites en France, quoique peu nombreuses, sont réellement intéressantes et il serait à souhaiter de les voir se développer dans les localités maritimes.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

A. — *Emploi des liants dans la constitution des chaussées empierrées.*

Les agrégations calcaires ou dolimitiques, en usage depuis longtemps déjà en France, sont à conseiller avec les matériaux d'empierrement secs et peu liants. Elles ne constituent, d'ailleurs, que des moyens imparfaits, insuffisants pour les chaussées où la circulation offre une certaine intensité.

La chaux, le ciment et les matériaux « faisant prise »

n'ont point donné, en général, de résultats favorables. Les chaussées ainsi traitées deviennent brisantes; elles se fissurent aisément dès que leur humidité disparaît, et les désagrégations produites par les véhicules se propagent rapidement. Leur vice capital est le défaut d'élasticité; on peut le corriger, dans une certaine mesure, par un goudronnage superficiel, mais ce n'est là qu'un palliatif.

L'incorporation du goudron dans les rechargements a donné lieu à un assez grand nombre d'essais, insuffisants encore et trop récents pour permettre d'en déterminer l'efficacité et d'en fixer la technique.

L'expérience des rechargements au goudron semble, cependant, assez encourageante et devrait être continuée. Mais il ne faut pas se dissimuler que de semblables rechargements auront toujours le défaut d'une inégale répartition du goudron dans la masse.

L'emploi de matériaux goudronnés d'avance (tarmacadam), semble donc offrir un avantage à ce point de vue.

En France, malheureusement, les applications de tarmacadam ont été jusqu'ici très restreintes, en raison surtout de la difficulté de se procurer de grandes quantités de pierrailles goudronnées. Il serait à souhaiter que des essais d'une certaine ampleur y fussent entrepris.

L'emploi des dérivés du goudron (huiles et brais, etc.), a également fait l'objet de recherches intéressantes, mais trop récentes elles aussi, pour qu'il soit possible de porter sur elles un jugement définitif.

Les produits asphaltiques doivent attirer tout particulièrement l'attention des ingénieurs comme liants dans les macadams. Bien qu'ils coûtent chers, ils semblent susceptibles de donner naissance à des systèmes de revêtements intermédiaires, comme prix et comme résistance, entre le pavage et le macadam ordinaire, capables, par conséquent, de rendre, sans frais excessifs, de grands services pour certaines catégories de chaussées. Il y a donc lieu ici encore de poursuivre les recherches entreprises.

B. — *Emploi des bandes de roulement.*

Les bandes de roulement, de quelque nature qu'elles soient, ne semblent pas destinées à recevoir un accueil enthousiaste en France, où l'on considère comme un élément de

dislocation pour une chaussée, le défaut d'homogénéité. L'expérience des voies de tramways placées dans le sol des voies publiques ne fait que confirmer cette opinion.

C. — *Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière.*

L'on doit principalement signaler en France le développement du goudronnage superficiel, auquel on tend de plus en plus à recourir pour protéger les empierrements contre la désagrégation produite par la circulation automobile.

Un certain nombre d'ingénieurs considèrent d'ores et déjà le procédé comme destiné à figurer parmi les méthodes de l'entretien normal pour les chaussées de cette sorte.

Pour les autres chaussées, l'utilité du goudronnage dépendra de la comparaison des résultats d'été, toujours satisfaisants, et des résultats d'hiver, bons, médiocres, ou mauvais selon la constitution et l'exposition de la route, les circonstances climatériques, la nature et l'intensité de la circulation saisonnière.

Les huiles de pétrole et similaires ont fait l'objet de quelques essais, mais ne sont plus employées car elles coûtent trop cher en France, pour un résultat limité aux mois de sécheresse, et donnent en saison humide une boue désagréable.

Les émulsions goudronneuses du type de la westrumite, sont pour ainsi dire abandonnées, en raison de la très faible durée de leur efficacité, de la nécessité de renouveler souvent leur application, et, par suite, de leur coût élevé.

Les arrosages à l'eau additionnée de chlorures déliquescents (magnésium et calcium) sont considérés comme de bons préventifs contre la poussière, dont l'emploi ne saurait être généralisé à cause de son prix, mais auxquels on peut avoir recours dans les cas où il est indispensable de supprimer la poussière et où les circonstances ne permettent pas de recourir au goudronnage.

Le chlorure de sodium, employé seul, n'a qu'une très faible efficacité.

L'arrosage à l'eau de mer, en usage dans quelques localités seulement, semble donner de bons résultats lorsqu'il est pratiqué avec continuité, principalement sur les empierrements perméables, non assujettis à une lourde circulation l'hiver. Il convient d'encourager les cités du littoral à essayer

de ce procédé qui, pour elles est simple et peu coûteux.

En terminant, nous nous excusons d'avoir été amené, au cours de ce travail, à ajourner sur tant de points les conclusions précises, faute d'expériences suffisamment prolongées. Il ne pouvait en être autrement, puisque les essais provoqués par les travaux du premier Congrès international de la route n'ont pu être entrepris qu'au cours de l'année 1909.

Mais nous espérons que notre mémoire offrira, pour ces questions, tout au moins l'intérêt d'une documentation consciencieuse : C'est à atteindre ce but que nous nous sommes efforcé et notre ambition serait d'y avoir réussi.

Versailles, le 1er Décembre 1909.

P. Le GAVRIAN.

6487. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

HONORÉ SAUNIER
Agent Voyer d'Arrondissement
Rouen

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

LIANTS POUR MACADAM. — BANDES DE ROULEMENT
PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

LIANTS POUR MACADAM

Les conclusions votées au Congrès de Paris relativement aux « Procédés généraux d'entretien des chaussées empierrées » (2e question) renferment les prescriptions suivantes:

« Poursuivre ,avec tout le développement utile, les expé-
« riences portant sur les revêtements de chaussées exécutés
« avec matériaux imprégnés de goudron suivant divers
« procédés ou comportant l'emploi de toute autre matière
« liante. Il importerait de contrôler soigneusement les résultats
« eu égard à la dépense, au profil en long et en travers, à
« la durée, à la formation de la poussière et de la boue, à
« l'intensité de la circulation et du tonnage, afin d'arriver à
« la détermination du type de chaussée répondant le mieux aux
« besoins et aux exigences du roulage moderne sur les routes
« les plus fréquentées. »

Il y a à peine plus d'un an que cette décision a été prise, et les expériences ainsi recommandées — quand elles ont pu être faites — ayant dû, pour avoir quelque chance de succès, être réalisées dans la période estivale qui remonte à trois ou quatre mois seulement, on peut prévoir que je n'aurais pu, pour cette raison même, apporter ici la « *future doctrine* » si poétiquement réclamée l'an dernier par M. Defert au nom du T. C. F.; doctrine que les tentatives antérieures n'avaient pas permis de formuler.

Mais ce n'est pas tout. Comme si le problème n'était pas assez ardu par lui-même, et les termes inconnus insuffisamment masqués, la guigne — c'est bien le mot qui convienne — a

voulu que les importants bétonnages à base de goudron effectués dans ma région, sous mes yeux, ont eu à subir dans le moment même de leur exécution, les pires épreuves d'une saison absolument défavorable et pluvieuse au-delà de toute mesure.

Aussi, est-ce avec une pointe d'amertume, que je dois me borner, dans un chapitre sur lequel on pouvait légitimement fonder quelque espérance, à dresser le bilan aussi complet et exact que possible, des bétonnages avec liants spéciaux; puis à fournir quelques renseignements malheureusement sans déduction précise sur les opérations auxquelles je viens de faire allusion. Les conclusions se ressentiront forcément de l'incertitude dans laquelle la question reste toujours enveloppée.

De l'enquête faite auprès de MM. les Ingénieurs en Chef et Agents Voyers en Chef de France, il résulte que dans les expériences tentées jusqu'ici, les seuls liants mélangés à la matière d'agrégation ont été soit la chaux ou le ciment, soit le goudron.

Je vais donner succinctement et sous forme de tableaux les résultats obtenus dans ces essais.

Départements	Longueurs	RENSEIGNEMENTS SOMMAIRES	OBSERVATIONS
Ain	»	Essais sur routes nationales. 400k de ciment Portland par m. c. de matière d'agrégation. Prix de revient : 0 fr. 25 par m. q. de chaussée.	Mauvais résultats.
Ardèche	200m	Essai effectué en 1904 à Bourg-Saint-Andéol. 75k de chaux de Lafarge pour 1 m. c. de sable.	Résultats très satisfaisants. (Communication de M. l'Ingénieur Moreau au Congrès de Paris) p. 74 du Compte-rendu.
Jura	110m	Essai en 1908, traverse de Dôle, Route nationale 5. 350k de ciment pour 1 m. c. de sable de Saône et 3 m. c. de trapp des Vosges cassé à 0 m. 06. Prix de revient : 6 fr. 50 par m. q. y compris la pierre.	Les résultats ne peuvent encore être appréciés.
Loiret	600m 100m »	Essais en 1909 sur routes nationales Au ciment (Arrondissement d'Orléans). Pierre pour agrégation 1/7e, liant de ciment 1/7e ; sable pour recouvrir la chaussée 1/12e. Au ciment (Arrondissement de Gien). Coulis de 375k ciment de Beffes pour 1 m. c. de sable, répandu à la surface de la chaussée. Prix de revient : 0 fr. 44 en moyenne par m. q. de chaussée. A la chaux hydraulique (Arrondissement de Gien), 200k de chaux de Beffes pour 1 m. c. de sable.	Dans l'arrondissement d'Orléans : deux rechargements au ciment n'ont pas tenu, les autres ont donné de bons résultats mais pas meilleurs que pour les rechargements ordinaires. Dans l'arrondissement de Gien : résultats excellents, matériaux bien agglomérés et résistant parfaitement à l'humidité. Le rechargement à la chaux hydraulique n'a pas tenu longtemps. Quelques essais ont été faits dans les mêmes conditions sur chemins de grande communication.
Lozère	5	Essai avec de la chaux effectué depuis peu.	Les résultats ne peuvent encore être appréciés.
Deux-Sèvres	»	Essai sur la route nationale 10. 300k de chaux par m. c. de matière d'agrégation. 100k de ciment et 150k de chaux par m. c. de matière d'agrégation. 250k de ciment par m. c. de matière d'agrégation.	Bons résultats, mais le prix de revient est élevé.
Rhône	100m 200m	2 essais en 1905 à Bron près de Lyon (Routes nationales). 250k de chaux et 150k de ciment par m. c. de sable de rivière. Prix de revient : 0 fr. 85 par m. q. en plus du prix du rechargement ordinaire. 300k de chaux par m. c. de sable de rivière. Prix de revient : 0 fr. 65 par m. q. en plus du prix du rechargement ordinaire.	Poussière très réduite, pas de boue, usure minime ; mais un goudronnage superficiel a été nécessaire en temps d'extrême sécheresse.
Tarn	»	Essai sur Avenue de la Gare à Castres (Chemin vicinal). 500k de chaux pour 1 m. c. de sable. Prix de revient : 0 fr. 093 par m. q. de chaussée.	Résultats peu appréciables à cause de la grande fréquentation du chemin.

Ainsi qu'on peut le constater, les résultats obtenus sont des plus variables.

LIANTS A BASE DE GOUDRON

Départements	Longueurs	DESCRIPTIONS	OBSERVATIONS
Calvados	40m	Essais en 1899 et 1900 sur route nationale 162 à Caen. Après balayage, on répandit le goudron maintenu sur chaque bord par un cordon de pierre, on le recouvrit de pierre cassée, puis on cylindra comme d'habitude avec répandage de matière d'agrégation. Prix de revient : 0 fr. 06 par m. q. pour le goudron.	Diminution notable de poussière et de boue, usure moins rapide. Aucun inconvénient n'a été constaté.
Charente-Inférieure.	700m	Essais en 1906 et 1908 près de La Rochelle sur chemins de grande communication. Après tassement des matériaux de rechargement par quelques passages du rouleau, le goudron fut répandu à chaud à raison de 1k5 par m. q. Après séchage on continua le cylindrage avec du sable pour agrégation. Prix de revient : 0 fr. 08 par m. q. y compris main-d'œuvre.	Très bons résultats. Aucun inconvénient n'a été constaté.
Hérault. —	»	Quelques essais ont été faits sur chemins de grande communication	Les résultats ne peuvent encore être appréciés.
Loiret	170m 300m	Essai en 1906 dans la traverse de Gien sur route nationale 152. Après balayage à vif de la chaussée, elle a été enduite de goudron bouillant, puis recouverte de pierre. Après compression jusqu'à disparition du bourrage on a arrosé avec du goudron bouillant que l'on a recouvert de matière d'agrégation. On a employé 9k de goudron par m. q. mais on pourrait descendre à 5k. Prix de revient sensiblement le même que par la méthode ordinaire, la prise étant beaucoup plus rapide Essai en 1907 à 2 k. m. de Gien. Chaussée détrempée par arrosage à l'eau Après compression du caillou, le goudron fut répandu, on recouvrit d'une couche de craie, puis on cylindra de nouveau. Une légère couche de sable de la Loire fut ensuite répandue. Prix de revient : 2 fr. 30 par m. q	L'essai de 1907 a mieux réussi que celui de 1906, mais il a encore laissé à désirer. L'excès de goudron a reflué sur la chaussée. Le goudron met plus d'un mois à sécher et pendant ce temps la chaussée reste molle et facile à couper. En temps de pluie, il se forme une boue noirâtre fort préjudiciable à la circulation; des reprises sont nécessaires. Pour obtenir un bon résultat il faudrait diminuer la quantité de goudron, en répandant d'abord un peu de gravier, et ne pas livrer la chaussée à la circulation avant que le goudron ne soit sec. Essai peu encourageant.
Manche	147m	Essais en 1909 à Granville et à Saint Lô sur routes nationales. Matériaux goudronnés à l'avance Employés comme matériaux nus sauf suppression de l'arrosage pendant la compression après laquelle la matière d'agrégation fut répandue à sec. Prix de revient par m. q. non compris la compression : 0 fr. 81 à Granville. 0 fr. 60 à Saint-Lô.	Les résultats paraissent bons, mais les essais sont trop récents (mai et juin) pour que l'on puisse se prononcer définitivement. Aucun inconvénient n'a été constaté.
Haute-Marne	300m environ	Essai à Chaumont sur routes nationales.	Pas de résultats appréciables.

Départements	Longueurs	DESCRIPTIONS	OBSERVATIONS
Nord	»	2 Essais à Merville sur chemins de grande communication. Goudron versé sur le rechargement après prise presque complète. 20hl de goudron pour 6 m. c., 750 de passures et 22 m. c. de porphyre. 17hl de goudron pour 6 m. c. 500 de passures et 39 m. c. de porphyre. Prix de revient : 1 fr. 50 par m. q. y compris compression.	Bons résultats : ni boue, ni poussière, usure normale. Aucun inconvénient n'a été constaté.
Rhône	50m	Essai en 1905 à Lyon sur route nationale. On a employé du sable d'agrégation comme d'habitude, mais on arrosait exclusivement avec du goudron froid à raison de 6 litres par m. q. Dépense supplémentaire : 0 fr. 30 par m. q.	Très bons résultats à tous points de vue. Aucun inconvénient n'a été constaté.
Seine	100m	Essai fait en 1906 sur Avenue Carnot à Saint-Mandé. Piquage préalable, répandage d'une couche de goudron de 0k600 par m. q. Répandage de la pierre cassée sur 0.10 d'épaisseur; cylindrage léger au rouleau à chevaux. Goudronnage à raison de 1k200 par m. q. et cylindrage à vapeur au rouleau de 18 T. Sablage et arrosage à l'eau ou au goudron pendant le 2e cylindrage.	Bons résultats. Chaussée élastique dont les déformations deviennent permanentes sous l'effort des lourdes charges, et opposant une assez grande résistance au roulement.
Seine-Inférieure		Essais faits en 1909 à Rouen. Bétonnage système breveté P. Bedeau.	
	97m	Sur Avenue Saint-Paul (route nationale 14).	Les résultats ne peuven être encore appréciés.
	166m	Sur route de Lyon (Chemin de grande communication 42). Prix de revient : 1 fr. 30 par m. q. non compris la pierre et la compression.	Les résultats ne peuvent être encore appréciés.
Seine-et-Marne	150m	Essai en 1908 sur route nationale de Melun à Fontainebleau. Matériaux imprégnés de goudron et ayant passé l'hiver au repos sous une couche de gazon avant leur emploi. Cylindrés avec très peu de matière d'agrégation et d'eau. Prix de revient pour les dosages de : 100k de goudron au mètre cube de silex durs : 0 fr. 62. 30k de goudron au mètre cube de silex dur : 0 fr. 25. 50k de goudron au mètre cube de calcaires tendres : 0 fr. 33. (Fourniture et main-d'œuvre).	(Renseignements fournis au Congrès de Paris).
Seine-et-Oise	500m environ	Essais de Tarmacadam Aeberli, de Pitchmacadam (Lassailly brai mélangé au sable d'agrégation), et de Tarvia (Pottier), effectués près de Versailles sur route nationale.	Les résultats ne peuvent être encore appréciés.

Béton de Goudron système Bedeau (*1er Essai*). — Une application de ce béton a été faite cette année dans les premiers jours de juillet sur l'avenue Saint-Paul, à Rouen (Route nationale n° 14, dépendant du service de M. Lechalas, l'éminent Ingénieur en Chef de la Seine-Inférieure. Cette avenue supporte une circulation très importante et variée; c'est la route de Paris, et les automobiles y pullulent en même temps que de lourds chargements industriels. Elle comporte une chaussée de 4 m. 80 de largeur, bordée de chaque côté par une zone de pavage, et dans chacune de ces zones une ligne de tramway. Sur la longueur à recharger qui était de 392 mètres une section de 97 mètres a été constituée en béton de goudron, et de part et d'autre, on a effectué le rechargement suivant la méthode ordinaire, avec goudronnage superficiel, pour permettre une indispensable comparaison. La pierre employée était du grès de Perrières cassé à 0,08 de grosseur en moyenne.

Quelques jours avant l'emploi, la pierre déposée en tas sur le trottoir fut énergiquement malaxée, à l'aide de griffes, avec un agglutinant à base de goudron. Le mélange eut lieu suivant les proportions suivantes:

3 brouettées de pierres (de 80 litres environ),
1 brouettée d'argile (de 50 litres environ),
11 litres de goudron froid.

On humectait d'eau le caillou avant d'y incorporer l'argile et le goudron, et malgré la faible proportion de goudron, les pierres se trouvaient parfaitement enrobées. Elles furent ensuite remises en tas sur le trottoir et on les laissa reposer pendant quelques jours.

Pour le rechargement, on versa sur l'ancienne chaussée préalablement décapée sur les bords, les matériaux préparés comme il vient d'être dit, et le cylindrage fut effectué avec un rouleau à vapeur de 15 tonnes environ. On arrosa à l'eau et même on répandit des matières sableuses pour assurer la liaison.

Mais toutes ces opérations furent contrariées par un temps exceptionnellement mauvais; la pluie fit rage à certains jours et ce ne fut pas sans peine que l'entrepreneur chargé de l'exécution du travail par l'inventeur du procédé, put livrer une

chaussée présentable. Au bout de quelque temps et quand l'empierrement fut raffermi, un goudron superficiel fut appliqué.

La figure 1 donne une reproduction photographique de l'avenue Saint-Paul ,prise le 14 décembre; la section bétonnée est comprise entre la borne que l'on voit sur la droite du



Fig. 1. — Chaussée rechargée au béton de goudron Bedeau. Avenue Saint-Paul, à Rouen.

cliché, et la personne placée 100 mètres plus loin au milieu de la ligne du tramway; son aspect ne diffère aucunement de celui des sections d'empierrement situées de part et d'autre.

Comme il est indiqué dans le tableau précédent, on ne peut se prononcer quant à présent sur un essai effectué dans d'aussi mauvaises conditions atmosphériques.

(2e Essai). — Une autre application de béton fut faite en fin Septembre par le même inventeur et toujours sous sa direction, sur la route dite de Lyons (850 colliers), à Rouen également (chemin de grande communication nº 42) dépendant du Service vicinal dirigé par M. Dagan, Agent Voyer en Chef.

Comme dans le cas précédent, la partie bétonnée, qui a ici 3 mètres de largeur, est comprise entre deux pavages, l'un constituant le caniveau du chemin, l'autre supportant une voie de tramway. De même, de part et d'autre de la section d'empierrement, le rechargement fut exécuté suivant la méthode ordinaire. On employa également de la pierre de Perrières cassée à 0,08 de grosseur. La longueur était de 166 mètres.

Le mode opératoire et les dosages ne furent pas les mêmes que pour le premier essai, ce qui prouve bien que les inventeurs eux-mêmes sont toujours dans la période des tâtonnements.

La matière agrégative, appelée cette fois-ci « galgatine » fut amenée toute préparée dans des fûts. Ce n'est autre chose, à ce que j'ai remarqué, qu'un mélange de goudron et d'argile dans la proportion de 40 litres de l'un pour 20 litres de l'autre. L'argile est ajoutée successivement au goudron que l'on triture à l'aide de fourches et de palettes. Pour faciliter le mélange, on ajoute 5 à 10 litres d'eau.

La galgatine fut malaxée avec la pierre dans la proportion suivante :

720 litres de pierre,
60 litres de galgatine,

puis on ajouta à ce premier mélange du sable et du ciment comme ci-après :

720 litres de pierre enrobées de galgatine,
45 litres de sable,
2 kilogrammes de ciment.

Le sable et le ciment furent d'abord transformés en mortier, puis répandus sur la pierre. Il a été constaté que le mélange ne s'effectuait pas parfaitement.

Le mélange fut ensuite répandu sur la chaussée préalablement décapée sur les bords ; puis cylindré par un rouleau de 14 tonnes. Ce ne fut que pour achever le cylindrage que l'on procéda à un léger arrosage à main. Une couche de sable fut ensuite répandue sur la surface, et une couche superficielle de goudron devait même par la suite être appliquée, mais le mauvais temps qui ne cessa de durer s'y opposa.

Le prix de revient au mètre carré s'établit comme suit:

Pierre	1 fr, 08
Préparation et emploi du béton (Prix convenu).	1 fr. 30
Cylindrage	0 fr, 12
Total:	2 fr. 50

La chaussée ainsi obtenue est peu résistante, et toujours

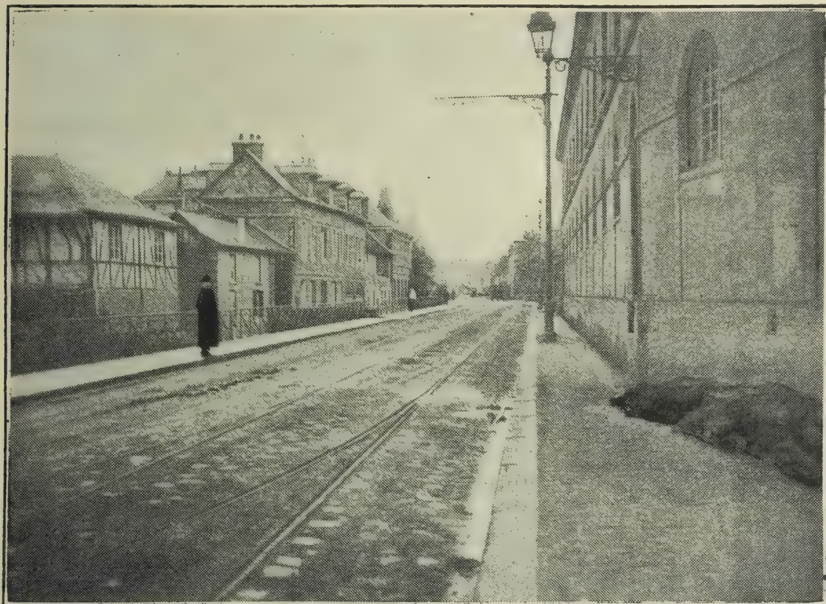


Fig. 2. — Chaussée rechargée au béton de goudron Bedeau. Route de Lyons, à Rouen.

boueuse, j'en donne fig. 2 une reproduction photographique prise le 14 Décembre. Il avait gelé le matin et l'empierrement était raffermi: Sur la vue, les extrémités du bétonnage sont indiquées vers l'opérateur par un cantonnier et au loin par un autre ouvrier placé au milieu de la chaussée.

Comme pour le premier cas et pour les mêmes raisons, on ne peut formuler de conclusions fermes.

Un 3e essai fut effectué sur une voie dépendant du port mais le résultat n'est pas plus probant.

Béton de Goudron au Tarvia. — Le service municipal de voirie de la ville de Rouen a procédé à d'importantes applications de béton de goudron au Tarvia (L. Pottier et Fils)) en Juillet et Septembre, dans les rues Louis-Blanc (longueur: 600 m.) et François-Arago (longueur: 600 m.); les surfaces couvertes furent 3.200 mètres carrés pour la première rue et 7.379 mètres carrés pour la seconde. Comme il s'agit de voirie urbaine, je n'en ai pas parlé dans les tableaux précédents.

Le procédé a consisté à prendre du petit gravillon de 0.01 de grosseur au maximum, à le faire dessécher sur la sole d'un four à l'usine à gaz, puis à le mélanger au Tarvia — produit constitué de goudron et vraisemblablement de brai et de créosote — chauffé lui-même dans une cuve à serpentin. La proportion du mélange qui avait l'aspect de l'asphalte, fut de 96 litres environ de Tarvia pour 1 m. c. 250 de gravillon. On le transporta dans des éboueurs jusqu'au lieu d'emploi, en ayant soin de le recouvrir pour le maintenir aussi chaud que possible.

Une première couche de cailloux fut versée sur chaque chaussée puis cylindrée avec un rouleau léger, on y appliqua une première couche de 2 centimètres du mélange au Tarvia, couche lissée à la truelle. On versa une seconde couche de cailloux, on cylindra, toujours à sec, puis on appliqua sur le tout une deuxième couche de mélange au Tarvia de 1 à 2 centimètres d'épaisseur. On cylindra de nouveau.

Le prix de revient fut de 1 fr. 345 par mètre carré pour la rue Louis-Blanc et de 1 fr. 38 pour la rue François-Arago; ces prix comprennent : la main-d'œuvre, le prix du Tarvia froid, celui du gravillon, le chauffage du Tarvia et le chauffage du cylindre lequel appartient à la ville.

Comme pour les précédentes expériences, le temps fut inclément, et il n'est pas possible de se prononcer, l'application est d'ailleurs beaucoup trop récente. Il semble bien toutefois que l'épaisseur du caillou entre les deux couches de Tarvia, ne doit pas dépasser 0,10 et qu'il est indispensable d'employer de la pierre dure au lieu du silex comme le service municipal a dû le faire pour employer des matériaux extraits pendant l'hiver pour le compte de la ville par des ouvriers sans travail.

La fig. 3 donne une reproduction photographique du bétonnage au Tarvia de la rue Louis-Blanc, vue prise à la même date que les précédentes.

Etant donnés les renseignements qui précèdent et l'incertitude qui subsiste sur l'efficacité des divers systèmes employés jusqu'ici, il semble bien que les conclusions à pro-



FIG. 3. — Chaussée rechargée au béton de Tarvia. Rue Louis-Blanc, à Rouen.

poser au prochain Congrès au sujet de *l'emploi des liants dans les empierrements*, ne peuvent qu'être la reproduction intégrale de celles formulées à Paris en 1908 et qui ont été rappelées en tête du présent chapitre.

BANDES DE ROULEMENT

La question des bandes de roulement n'a pas été posée au Congrès de Paris où nécessairement, les travaux devaient, pour être fructueux, ne s'appliquer qu'à des généralités.

Toutefois, il convient de rappeler que des rapports fort intéressants avaient été présentés sur ce sujet. M. C. JANSENS d'Ypres (rapp. nº 93) avait préconisé l'emploi sur les routes où la circulation atteint 60 tonnes par jour, d'une voie charretière métallique composée de vieux rails de chemin de fer et de pavés artificiels, dont je reproduis le dessin sur la planche



FIG. 4. — Chaussée rechargée au béton de Tarvia. Rue François-Arago, à Rouen.

annexe (fig. 1, 2 et 3). M. HANSEZ, de Bruxelles (rapp. nº 13) avait proposé, au lieu de bandes de roulement qui n'ont aucune liaison avec le restant des matériaux de pavage, d'enlever alternativement sur chaque file deux ou trois pavés, de constituer une fondation bétonnée dans les deux crémaillères ainsi obtenues, d'y reposer les pavés à bain de mortier et la tête en bas, puis de recouvrir le tout d'une couche de béton de ciment. La Société Belge des Ingénieurs et Industriels de Bruxelles (rapp. nº 2) avait indiqué que dans certains

cas et pour d'anciens pavages, il pourrait être employé des bandes de roulage en béton de ciment ou en pierrailles goudronnées.

Par la suite, à la première séance de la 1re section technique, MM. HANSEZ et PHILIPPE DE BURLET (Belgique) insistèrent pour l'adoption d'un vœu en faveur de l'essai, par tous les gouvernements, des bandes de roulement constituées en pavés retournés, ainsi qu'il vient d'être dit, et employées en Belgique sur les routes dont le pavage est en mauvais état. La section n'y donna pas suite, mais avec la réserve, exprimée par son président, que cette question d'intérêt secondaire sans doute, mais importante au fond, serait reprise et examinée au prochain Congrès. Malgré l'échec de leurs devanciers, MM. RICHARD et de REDON de COLOMBIER (France) présentèrent, en 5e séance, sans plus de succès d'ailleurs, des demandes d'essais; le premier, pour l'emploi de bandes de roulement en ciment posées sur lit de sable (voir la planche annexe, fig. 4 et 5), avec engagement de contribuer dans la dépense pour une somme de 5.000 francs; le second, pour l'emploi de rails plats de 20 à 25 centimètres de largeur. Enfin, M. JANSENS lui-même, qui avait essayé à la 4e séance de la 2e section de faire statuer celle-ci sur son système de voies charretières métalliques, ne put obtenir pour les mêmes raisons d'ordre sus-indiquées, que l'insertion de son vœu au procès-verbal.

Les règles générales de construction et d'entretien des routes et chemins ayant été toutes tracées, ou à peu près, par le Congrès de Paris, il était tout naturel de soumettre au Congrès de Bruxelles celles des questions ajournées qui présentaient le plus d'intérêt, et c'est le cas des bandes de roulement.

Après un aperçu, que j'ai cherché à rendre aussi intéressant que possible, sur les origines de ces accessoires des routes, je fais connaître les renseignements que j'ai recueillis sur quelques projets présentés dans cet ordre d'idées, ainsi que sur les applications faites en France; viennent ensuite mes conclusions.

Les **bandes de roulement** ont donné naissance aux tramways et aux chemins de fer modernes, mais l'énorme développement acquis par ceux-ci à la suite de l'invention et des perfectionnements successifs de la locomotive, a presque complè-

tement fait oublier l'idée primitive qui s'appliquait aux véhicules ordinaires de roulage.

Dans son « Manuel de l'Ingénieur », M. DEBAUVE résumait comme suit les renseignements historiques recueillis par lui dans divers ouvrages spéciaux qu'il indiquait:

« C'est dans les mines d'Angleterre, et particulièrement dans « celle de Newcastle-sur-Tyne, qu'il faut chercher le berceau « des chemins de fer ou plutôt des *chemins à rails*, car les « premiers rails étaient non en fer, mais en *bois*. »

« A l'origine de l'exploitation, le transport du charbon se « faisait quelquefois avec des traîneaux glissant sur des plans « inclinés, et le plus souvent avec des paniers; c'était aux « femmes des mineurs qu'incombait ce rude travail. »

« Plus tard, on eut recours à la brouette circulant sur un « chemin de planches posées bout à bout; c'est le système « encore en usage dans les terrassements ordinaires. »

« De la brouette au wagon, et de la voie en planches au rail « en bois, la transition ne tarda pas à se faire. Georges « AGRICOLA, médecin de Kemnits, capitale de Franconie, « dans son livre de *Re metallica* (qui fut imprimé à Bâle en « 1556), fait mention, en 1550, d'un wagon à quatre roues, « roulant entre des rails en bois; ce wagon ,encore en usage « dans quelques mines allemandes, s'appelle le chien. »

« En 1630, un sieur BEAUMONT vint du sud de l'Angleterre « à Newcastle et introduisit dans l'exploitation des mines « plusieurs perfectionnements ingénieux, tels que la sonde, « les machines d'épuisement et surtout les wagons roulant « sur des *rails en bois*. Un seul cheval arrivait par ce moyen « à traîner quelques tonnes de houille depuis la mine jusqu'au « lieu d'embarquement. Il paraît que les chariots étaient munis « de roues à rebords, et que les rails se composaient de longrines bien équarries, d'environ 0 m. 15 de côté, chevillées sur « des traverses. »

La figure 5 donne la reproduction photographique, avec réduction au tiers environ, d'une des planches illustrant un ouvrage de MORAND le médecin, sur « l'Art d'exploiter les mines de charbons de terre (1773) », in-folio, faisant partie des « Descriptions des Arts et Métiers », faites ou approuvées par MM. de l'Académie des Sciences — Paris, Desaint et

Saillant, 1761-1789 (1). On y voit un wagon chargé de houille circulant sur les plateaux (trams) en bois imaginés par BEAUMONT.

Dans ses « Merveilles de l'Industrie » (1867), Arthur MANGIN explique de son côté: « que les rails ou bandes « étaient établis parallèlement sur un terrain bien aplani

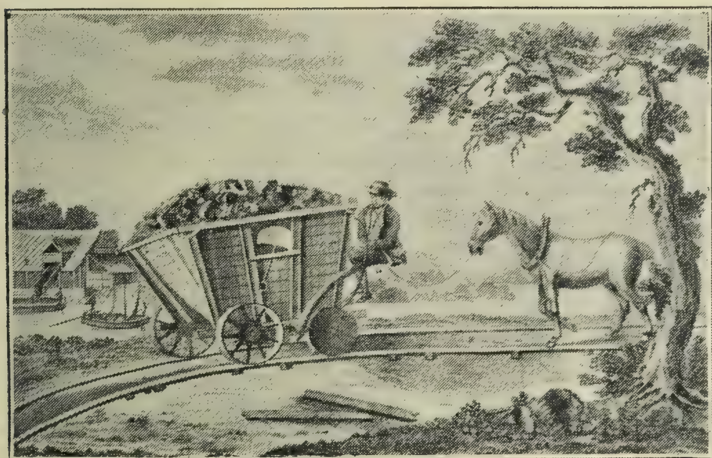


FIG. 5. — Bandes de roulement en bois en usage dans les mines de Newcastle, d'après une gravure de 1775

« C'étaient des longrines en bois de chêne ou de sapin, ayant « environ 60 centimètres de long sur 10 centimètres d'équar- « rissage, ajustées bout à bout et fixées sur des traverses « également en bois, qui les coupaient à angle droit. Les « chevaux marchaient dans l'intervalle, tandis que les roues « cheminaient sur les poutres, où elles étaient maintenues par « un rebord ou boudin faisant saillie du côté intérieur de leurs « jantes. Ce système fut aussi adopté, quelques années plus « tard en France, pour le service des mines de Saint-Etienne. « Il permettait à un seul cheval de traîner, sur les parties « horizontales, jusqu'à 10.000 kilogrammes. Mais on conçoit « que des routes ainsi construites devaient exiger de

(1) C'est grâce à l'extrême obligeance de M. LORIQUET, Conservateur en chef de la Bibliothèque de Rouen, que j'ai pu donner cette reproduction.

« fréquentes réparations. Le frottement des roues sur « les bandes et le piétinement des chevaux sur les traverses « à peine protégées par une mince couche de terre, usaient en « peu de temps les unes et les autres. Pour remédier jusqu'à « un certain point à cet inconvénient, on essaya d'abord de « doubler la hauteur des rails en les formant de deux rangées « de poutres superposées et chevillées ensemble, ce qui permit « de recouvrir les supports d'une couche plus épaisse de sable « et de gravier; puis, comme on eut bientôt reconnu l'insuf- « fisance de ce palliatif, on en vint à revêtir les longrines « en bois d'une lame de fer de 6 centimètres de large, sur « 12 à 13 millimètres d'épaisseur, qu'on y fixa à l'aide de clous « et de boulons. On eut alors de véritables *chemins de fer*, que « les Anglais continuèrent de désigner sous le nom de *rail-* « *ways*, maintenant passé dans notre langue, et qui signifie « littéralement *chemins à barres*. En Belgique, on leur a appliqué « la dénomination plus juste de *chemins à coulisses.* »

Cette amélioration coïncida avec le développement de la production du fer qui se produisit notamment vers le milieu du dix-huitième siècle, lorsqu'on substitua dans les hauts-fourneaux le coke au charbon de bois.

« Ainsi modifiés, les rail-ways présentaient déjà des avan- « tages tels, que l'usage en devint général dans toutes les « contrées de la Grande-Bretagne où l'on se livrait à l'exploita- « tion de mines de houille ou de métal, et qu'ils furent « conservés, sans subir de changement notable, pendant une « trentaine d'années. Toutefois, on ne se dissimulait point « que sous le rapport de la durée et de la solidité les rails « en fer massif seraient de beaucoup préférables à ceux de « bois garnis simplement d'une tringle métallique de peu « d'épaisseur, et ce fut seulement par des motifs d'économie « qu'on ne réalisa pas tout de suite cette substitution. Elle « n'eut lieu qu'en 1738. Les madriers ferrés furent alors rem- « placés par des rails coulés en fonte. Ces rails formaient une « sorte d'ornières artificielles; ils furent posés d'abord sur « des traverses en bois, puis sur des dés en pierre. Ils présen- « taient, du côté extérieur de la voie, une saillie faisant un « angle droit avec la partie plane, et qui empêchait les voitures « de s'écarter de la ligne, de *dérailler*, comme on dit « aujourd'hui; cette saillie rendait inutile le rebord dont on « avait muni dans le principe les roues elles-mêmes, et celles-ci

« reprirent leur forme primitive. Les nouvelles voies furent « appelées *tram-roads*, c'est-à-dire *routes à ornières*. Les essais « de ce système eurent lieu dans le Shropshire, sous la direc- « tion de l'ingénieur William REYNOLDS, un des propriétaires « de la grande fonderie Colebroock-Dale, à laquelle on doit « le premier pont en fonte.

« Ils ne réussirent pas complètement d'abord, parce qu'on « y employait les anciens chariots, qui étaient de grande « dimension et portaient des charges énormes. La fonte, comme « on sait, est cassante et peu élastique. Dès les premiers « voyages, les barres se rompirent en plusieurs endroits. On « eut alors recours à un moyen fort simple; on fit des chariots « plus petits, qu'on plaça à la file les uns des autres en les « réunissant à l'aide de crochets, et sur lesquels on répartit la « charge qu'un seul chariot portait auparavant. On réussit de la « sorte à se mettre en garde contre les inconvénients attachés à « l'emploi de la fonte. » M. JOHN-CURR (dans son livre édité en 1797 et intitulé: *L'Inspecteur des houillières et le Compagnon pratique du Constructeur de machines*) raconte qu'en 1778, il substitua dans la mine de Sheffield le rail en fonte au rail en bois. Ses rails, plats avec rebord vertical placé à l'intérieur de la voie, avaient 0 m. 0125 d'épaisseur et recevaient des chariots montés sur quatre roues de 0 m. 25 de diamètre; un cheval traînait douze de ces chariots portant chacun environ 300 kilogrammes de charbon.

On conserva des roues de bois aux nouvelles voitures, mais on reconnut bientôt la nécessité de les remplacer par des roues de fonte. Quoiqu'on ignore l'époque précise à laquelle cette substitution eut lieu, pour la première fois, on sait positivement que, dès l'année 1754, elle avait déjà été faite. Si l'on se reporte à la figure 5 qui date de 1773, on semble bien être en présence d'un chariot où la substitution des roues en fonte aux roues en bois a été opérée pour l'essieu avant.

« Mais la forme des rails présentait un autre inconvénient « qu'on ne tarda pas à reconnaître; la poussière et la boue, « en s'y accumulant, opposaient au libre mouvement des roues « une résistance qui détruisait la plus grande partie des « avantages de l'invention. Il fallut encore une fois changer « de système, ce qui eut lieu en 1789, à Loughborough, où « l'ingénieur William JESSOP établit des rails à bande sail- « lante (*edge rails*), consistant en de simples barres de fer

« plus hautes que larges, et possédant, grâce à cette forme, « une grande force pour résister à la pression verticale des « chariots. Il va sans dire qu'en adoptant ce genre de rails « on dut restituer aux roues le rebord saillant désormais « indispensable pour les maintenir dans une direction cons- « tante.

D'après DEBAUVE, « le nouveau rail avait pour section celle « d'un T, ou mieux celle d'un champignon dont la base supé- « rieure avait 0 m. 05 de largeur horizontale; l'épaisseur de « la fonte était d'envirn 0,015, et chaque bout de rail avait « un mètre de long.

« Entre deux dés ou supports, la ligne inférieure du rail « était profilée en courbe parabolique, d'où venait le nom de « rail à ventre de poisson; on voulait économiser la matière « tout en conservant une résistance constante, c'est-à-dire créer « ce que nous appelons un solide d'égale résistance. Aux « extrémités du rail, on ménagea d'abord des oreilles venues « de fonte destinées à fixer la voie sur les dés; puis on inventa « le coussinet à deux joues verticales embrassant sur une « certaine longueur les extrémités de deux rails consécutifs; « des chevilles en fer, traversant à la fois l'âme du rail et les « deux joues du coussinet complétaient l'assemblage. Mais « cet assemblage était défectueux en ce sens que les rails n'é- « taient pas reliés l'un à l'autre; à la suite du tassement d'un dé, « le rail pouvait porter sur la cheville en fer ,de là des ruptures.

« La stabilité ne fut bien assurée que lorsqu'on eût recours « au coussinet avec coin, qu'on perfectionna peu à peu pour « l'amener à la forme actuelle. »

En 1803, un M. WOODHOUSE prit un brevet « pour l'éta- « blissement sur les routes ordinaires, d'une voie métallique « composée de plateaux en fonte légèrement concaves, posés « sur des dés ou des longrines de niveau avec la chaussée, « et maintenus à l'écartement par des traverses en bois ou « des entretoises en fer. » Une voie de ce système aurait, paraît-il ,été établie à Leicester.

Laissant maintenant les sources historiques conduisant à la voie de fer, je termine par la reproduction d'une note insérée dans la traduction par l'Ingénieur GIRARD du mémoire du chevalier de GERSTENER sur « les grandes routes, les chemins de fer et les canaux de navigation » (Bachelier 1827).

« Je ne connais aucune méthode de paver les rues, plus

« digne d'être imitée que celle adoptée par la ville de Milan. « *Deux files parallèles de grandes dalles de granit* forment les « charrières des voitures, c'est-à-dire tracent le chemin que « les voitures doivent parcourir; entre ces deux files de dalles, « correspond un canal souterrain voûté qui reçoit les « écoulements des maisons par d'autres petits canaux « semblables communiquant perpendiculairement avec lui. « L'eau de la pluie s'écoule dans ce canal par de nombreux « regards couverts de grosses pierres percées de trous, dispo- « sées à distances égales entre les deux files de dalles; ces « dalles ont 1 mètre ou 1 m. 50 de longueur, 0 m. 50 ou 0 m. 60 « de largeur et 0 m. 30 d'épaisseur. Dans les rues les plus « larges et les plus fréquentées, il y a *deux couples de files de* « *dalles* et deux canaux souterrains entre ces deux files. De « chaque côté des maisons, il y a deux espèces de trottoirs « pavés en dalles ou en briques; le surplus de la rue est « pavé en cailloux posés avec soin, et recouvert d'une couche « de ciment qui remplit les espaces vides et qui rend en « même temps la surface du pavé solide et unie. » (Traité de mécanique par Borgnis).

« Dans les rues de Pompéi et sur la route qui conduit « de Salsaf à Cyrène, dans la Pentapole, on voit encore des « vestiges de *pareilles ornières* faites en blocs de pierre de « taille. »

Je vais maintenant rappeler quelques projets plus modernes et dresser, d'après les renseignements que j'ai recueillis, l'inventaire des *bandes de roulement* existant actuellement en France.

Tramways de granit Le Cordier. — En février 1877, un ingénieur du nom de Léon Le Cordier, présenta au Conseil général de la Seine-Inférieure un projet de « Réseau de tramways de granit, avec traction par la vapeur, à établir sur les accotements des routes ».

D'après l'auteur, qui s'était inspiré de l'exemple des routes dallées italiennes: « l'avantage des rails de granit sur les rails « de fer résultait de ce que les roues qui conviennent aux « rails de fer ont des bourrelets directeurs qui les empêchent « de pouvoir rouler sur les chaussées ordinaires, tandis que « les rails de granit ayant leurs tables de roulement larges « et plates, les roues qui leur conviennent sont identiques à

« celles qui conviennent aux chaussées macadamisées ou pa-
« vées.

« Les véhicules des tramways de granit pourraient donc
« éventuellement devenir de véritables locomotives routières
« ou de simples camions. On pourrait les nommer *amphibies*, par
« la raison qu'ils se mouvraient sur deux éléments : l'un, les
« voies de granit, l'autre, les chaussées ordinaires. Ils passe-
« raient de l'un à l'autre élément avec la plus grande facilité,
« sans préparation, sans arrêt. »

Dans certains cas, la traction pouvait être effectuée par des chevaux ; l'accès de la voie étant libre, les véhicules des particuliers pouvaient également l'utiliser.

Je n'ai pas pu me procurer le rapport de l'auteur donnant la description complète du système, mais dans la courte notice que je possède, il est dit que les tables de roulement devaient avoir 30 centimètres de largeur, et les frais d'établissement y sont prévus à 25.000 francs par kilomètre.

Le Conseil général de la Seine-Inférieure ne donna aucune suite à ce projet.

Trackways Codvelle *à ornières métalliques.* — L'année suivante, M. Codvelle, Agent Voyer à Bouchain, présentait au Conseil général du département du Nord, un projet d'établissement sur certaines routes, d'une voie de roulage à ornières métalliques. Etant donnée son originalité, je vais entrer dans quelques détails sur ce système dérivé de la voie métallique de Woodhouse dont il a été parlé dans l'historique des bandes de roulement.

D'après l'auteur, la caractéristique de la nouvelle voie ferrée qu'il dénommait : « *trackway* », était, comme dans le cas du tramway de granit de Léon Le Cordier, d'être accessible à tous les véhicules fréquentant les routes ; le but était d'étendre au roulage sous toutes ses formes, les facilités de circulation des chemins de fer et tramways ; l'auteur laissait même entendre que son système supplanterait les chemins de fer d'intérêt local et les tramways.

La figure 7 de la planche annexe, donne une idée exacte de la voie dans une chaussée pavée.

Le profil transversal de la route ou du chemin n'était pas modifié, les rails étaient à fleur du sol, écartés de 1 m. 50 entre axes. La forme en avait été déterminée par la condition de ménager au milieu de chaque rail une ornière destinée

à recevoir les eaux et les détritus. Ainsi le rail était formé de deux parties ou raillets, situées de part et d'autre de la rigole et fortement inclinées vers celle-ci. Sa largeur était de 0 m. 197. Il devait peser 28 kilogrammes par mètre courant, soit 56 kilogrammes par mètre courant de voie.

Dans le cas d'une chaussée pavée, les rails étaient fixés sur des longrines de 12/15 et celles-ci reposaient sur des traverses de 1,75 × 0,08 × 0,14 espacées de 1 m. 50 d'axe en axe. Le prix de cette voie proprement dite était de 16.000 francs par kilomètre.

La figure 8 représente une disposition un peu différente et applicable aux chaussées empierrées. Les longrines y étaient supprimées et les rails portaient directement sur des traverses. Cette deuxième disposition devait revenir à 15.000 francs par kilomètre.

Le Conseil général du Nord soumit le projet au service des Ponts et Chaussées, et M. l'Ingénieur MALLEZ qui fut par la suite Ingénieur en Chef du Pas-de-Calais, puis Inspecteur général, présenta un rapport très complet sur la question. Après avoir fait remarquer que la forme du rail était critiquable et qu'il lui paraissait préférable d'employer un *rail plat* fixé sur la longrine et de 0 m. 20 environ de largeur, il déclarait : « que ces critiques de détails n'ôtaient rien au mérite « de l'invention qui consistait à faire rouler les voitures sur le « fer au lieu du pavage ou de l'empierrement, et que ce n'était « pas non plus sans raison que M. CODVELLE faisait reporter « le coût relativement peu élevé du premier établissement de « sa voie et l'avantage qu'il y aurait d'admettre des véhicules « ordinaires, sans monopole au profit d'aucun concessionnaire, « sur des voies jusqu'alors réservées à un petit nombre de « véhicules spéciaux. » Mais il protestait avec raison contre l'idée de l'auteur de supplanter les tramways et les chemins de fer d'intérêt local ; suivant lui, le trackway avait plutôt sa raison d'être hors des villes, sur les routes fréquentées par un roulage pesant, il devait en un mot être plutôt destiné aux choses et le tramway aux personnes.

Après avoir montré les avantages techniques du système, M. MALLEZ faisait cette remarque importante : « Nous ne pen- « sons pas que l'adoption des Trackways dispenserait de paver « les chemins fréquentés. La distribution du tirage ferait aug- « menter le chargement des voitures et il faudrait éviter que

« dans les descentes ou dans les croisements, les lourds cha-
« riots, en abandonnant les routes, fussent exposés à rester
« en détresse dans les ornières d'une chaussée trop peu résis-
« tante. C'est donc le trackway sur pavage qu'il faut considérer
« comme le cas le plus pratique, et dans ce cas la dépense du
« trackway s'ajoute à peu près intégralement à celle de la
« chaussée pavée ordinaire. » En ce qui concerne les frais d'entretien, M. Mallez pensait qu'ils seraient faibles à condition « d'employer un rail approprié par sa forme aux charges
« qu'il aurait à porter, d'épaisseur et de qualité suffisantes,
« sans ornières et sans *porte-à-faux*, et bien attaché à la lon-
« grine. » Il considérait comme très possible que le trackway produise sur les frais d'entretien des zones empierrées ou pavées une économie suffisante pour couvrir en grande partie les frais d'entretien qui lui seraient propres.

Bref, il émettait cette conclusion très sensée: « L'avenir
« des trackways n'est pas aussi universel que son inventeur
« l'espère. C'est un moyen de perfectionner les routes et rien
« de plus, mais même dans ces limites il peut rendre de véri-
« tables services, et nous sommes d'avis qu'il y a lieu d'en
« autoriser l'essai comme le sollicite M. Codvelle, sous réserve
« des changements que nous avons indiqués au sujet de la
« forme, de la résistance et de la disposition du rail. »

Malgré ces conclusions favorables, le Conseil général ne donna pas suite aux projets de trackways, et aucun essai ne fut tenté.

Voie charretière métallique C. Jansens. — J'en ai déjà parlé au préambule du présent chapitre. D'après le rapport n° 93 présenté par l'auteur au Congrès de Paris, cette voie charretière serait construite au moyen de vieux rails de chemins de fer entre lesquels seraient chassés des pavés artificiels (chêne, fonte, asphalte, etc.); les deux ornières reposeraient sur une couche de béton conformément aux figures 1, 2 et 3 de la planche annexe. L'écartement de 1 m. 50 serait destiné aux automobiles, celui de 1 m. 75 aux autres véhicules; mais ces largeurs seraient à modifier en cas d'application en France pour les adapter à nos véhicules. Le prix de revient serait de 25.000 francs au kilomètre courant.

Comme les deux précédents, ce système ne semble pas avoir été soumis à des essais.

Voie charretière métallique Demerbe *et* Cie. — Cette voie est

indiquée dans le rapport de M. Jansens : chaque ornière est constituée par un fer en |‾‾| de 0 m. 22 de hauteur posé sur une forme de béton comme l'indique la figure 6 de la planche annexe. D'après M. Jansens, le prix d'établissement ressortirait à 30.000 francs du kilomètre. Il ne semble pas non plus que MM. Demerbe et Cie de Jemmapes, aient fait des essais de leur système, tout au moins en France.

Routes rubanées de L. Richard. — J'en ai déjà parlé aussi en rappelant la communication faite par M. Richard, du Mans, au Congrès de Paris. Tous ceux qui ont pris part à ce Congrès se souviennent des jolies petites cartes-prospectus magnifiquement coloriées, dans lesquelles l'auteur exposait les avantages de son système qui consiste dans l'emploi de bandes de ciment, dressées, bouchardées, chanfreinées légèrement sur toutes les arêtes, et ayant une épaisseur de 0 m. 15 sur 0 m. 35 de largeur. Chaque dalle aurait 1 m. 98 de longueur.

Les bandes seraient placées, comme l'indiquent les figures 4 et 5, à un écartement de 0 m. 95, ce qui, avec les deux largeurs de 0 m. 35 pour chaque ornière, donnerait une voie de 1 m. 65. Les dalles soigneusement fabriquées à l'avance dans les usines, se poseraient comme des pavés, sur un fond de sable de 0 m. 10 d'épaisseur. Les fossés destinés à recevoir ces bandes seraient préparés, suivant l'auteur, par une charrue à terrassements. Un rouleau, composé de deux cylindres de fonte, tasserait le ballast contre les bandes, de façon à empêcher le décollement et les infiltrations. Un filet de goudron de 0,05 à 0,10 de largeur servirait à empêcher ce décollement.

M. Richard n'a pas jusqu'à présent donné le prix de revient de son système, il a fait mieux, comme je l'ai déjà dit, en offrant une somme de 5.000 francs à titre de participation dans les essais qu'il réclame. Sa proposition n'a pas encore été entendue et c'est bien fâcheux, sa bonne volonté et ses efforts valent certainement un encouragement.

Voie charretière de l'A. C. B. — Dans son rapport no 13 au Congrès de Paris, M. Hansez, Président de la Commission de Tourisme de l'Automobile-Club de Belgique, a exposé en détail la méthode préconisée par son association pour la transformation économique des routes pavées, en mauvais état. Elle consiste : « à enlever alternativement deux et trois pavés, « ou bien alternativement trois ou quatre pavés, en maintenant « soigneusement les pavés qui doivent rester en liaison avec

« le ciment de façon à obtenir une crémaillère. Le terrain « ainsi découvert est affouillé, le fond de l'affouillement se « trouve à un niveau tel qu'après avoir été damé à refus, « il se trouve en dessous de la surface de pavage, à une pro- « fondeur égale à la hauteur des pavés augmentée de 0 m. 18. « Les pavés qui ont été enlevés sont ensuite placés au fond « de la tranchée, tête en bas, autant que possible en dessous « de l'espace qu'ils occupaient avant leur enlèvement. Dans « les crans, ils sont placés de manière à laisser tout autour « d'eux, un vide de 0 m. 02 à 0 m. 03 pour y recevoir le mor- « tier. Entre les pavés ainsi posés et dans les interstices, on « coule du mortier de ciment. Après, on pose par couches bien « pilonnées, un béton au Portland, sur une épaisseur de 0,08; « enfin le tout est recouvert d'une couche de 0,05 de béton « riche, composé de deux parties de ciment, quatre de sable « premier choix et quatre de sable bien lavé. Il est pratiqué de « deux en deux mètres des espaces imperceptibles pour per- « mettre la dilatation. »

D'après M. Hansez, le prix de revient de cette opération varie entre 5.000 et 6.000 francs par kilomètre pour les deux bandelettes. Une expérience faite à Bruxelles aurait donné satisfaction.

Dallage composé Guiet. — Dans notre rapport nº 68 au Congrès de Paris, nous avons signalé que le Service vicinal de la Seine-Inférieure avait, dès 1907, appliqué le bétonnage armé comme moyen de protection contre l'effet destructeur des automobiles de course lancées à 80 kilomètres à l'heure, et plus, dans un tournant en S extrêmement dangereux, et que ce béton appliqué sur toute la surface de la chaussée, a victorieusement résisté aux deux Grands Prix successifs de 1907 et 1908. Le dallage en béton armé que préconise M. Guiet, Agent Voyer d'arrondissement à La Roche-sur-Yon, s'annonce donc comme devant donner, lui aussi, de bons résultats, notamment dans son emploi en bandes de roulement. Je me bornerai à une courte description du procédé d'après une notice que l'auteur doit paraît-il présenter au Congrès de 1910. Une armature en feuillards et fils d'acier repose sur un lit de béton de ciment et de gravier de 0,07 à 0,08 d'épaisseur; elle est recouverte ensuite par une couche de mortier de ciment de 0,03 à 0,04, dans laquelle sont posées à la main et face en dessus, des pierres à macadam cassées à 0,10 de grosseur

environ. Ces pierres sont damées et coincées dans l'armature, et l'on enlève le mortier de ciment qui reflue par les joints; la surface présente alors l'aspect d'un petit pavage irrégulier. Les dalles fabriquées à l'atelier ont généralement 0,50 sur 0,75, et 0,10 sur 0,12 d'épaisseur. La figure 10 en donne une coupe avant extraction du moule. On fabrique également le dallage sur place.

Un essai de bandes de roulement constituées avec dalles, est actuellement effectué sur l'avenue de la gare de Cugand (Vendée) par M. Rolland, Agent Voyer en Chef, qui a très judicieusement combiné l'expérience ainsi qu'on peut le voir à la figure 11 de la planche annexe. Il convient d'attendre pour se prononcer sur ce système dont le prix de revient moyen est de 9 francs le mètre carré.

Renseignements généraux. — Je vais reproduire ici sous forme de tableau les renseignements que MM. les Ingénieurs en chef et Agents Voyers en chef de France ont bien voulu donner en ce qui concerne les *bandes de roulement.*

Départements	Longueurs	DESCRIPTIONS	OBSERVATIONS
Gironde	4k 820	Bandes pavées de 0 m. 80 séparées par zone empierrée (Route nationale).	Datant d'au moins 25 ans; établies en rase campagne dans les landes où les chargements sont très lourds. Prix de revient inconnu.
	15k	Bande pavée de 3 m. de largeur dans le milieu de la chaussée (Route nationale).	Elles constituent de mauvaises chaussées et on y substitue des pavages sur toute la largeur de la chaussée.
Lot	»	Bandes de 0 m. 50 en cailloux de rivière, séparées et bordées par un empierrement calcaire (Route nationale).	Il s'agit d'un essai. L'usure des bandes étant moindre que celle du reste de la chaussée et la circulation s'effectuant indifféremment sur toute la surface, il en est résulté des dépressions dans l'empierrement calcaire. Résultat contestable.
Meurthe-et-Moselle	2k	Bandes de 0 m. 50 en trapp, à 1 m. d'écartement, séparées et bordées par un empierrement en calcaire du pays (Routes départementales 3 et 4 aux abords de Bomécourt).	Etablies à la fin de 1906. Prix de revient 2 fr. 61 du mètre courant. On constate une usure très accentuée sur la bande centrale. Les frais d'entretien sont à peu près les mêmes qu'auparavant. N'ont été commandées que par raison d'économie. Avantage contestable. Jugement à réserver, l'expérience étant trop récente.
	1k	Bandes de 0 m. 75 en trapp, à 0 m. 70 d'écartement, séparées et bordées par un empierrement en calcaire du pays. (Route nationale 74 aux abords de Colombey).	Etablies en 1907. Prix de revient 2 fr. 80 par mètre courant. Mêmes observations que pour les précédentes.
Saône-et-Loire	»	Bandes calcaires de 0 m. 80 à 1 m., établies latéralement à une chaussée de grès. (Route nationale 6 aux abords de Mâcon).	Destinées à la circulation des bicyclettes; elles ne pourraient résister aux passages des voitures.
Seine-et-Oise	»	Bandes pavées de 0 m. 60 à 0 m. 80, séparées et bordées par un empierrement. (Chemins vicinaux).	D'origine et de prix de revient inconnu. Elles ont en général donné de mauvais résultats; on tend à les supprimer.
Vendée	0k 135	Bandes en dallage armé, système Guiet, en quatre largeurs : 1 m., 0 m. 75, 0 m. 60 et 0 m. 50, séparées par du macadam (Chemin de Grande Communication 27; avenue de la Gare de Cugand).	Il s'agit d'un essai. Prix de revient de 9 fr. le mètre carré. Expérience trop récente pour qu'on puisse se prononcer.
Yonne	»	Bandes de chaussées avec zones de fondation, de 0 m. 50 de largeur et de 0 m. 20 d'épaisseur au droit du passage des roues (Chemins vicinaux).	Etablies il y a 20 ans environ sur quelques chemins aux abords des carrières de pierre de taille ou de ciment. Prix de revient inconnu. Les chaussées résistent plus facilement aux lourds transports.

Ainsi qu'on peut le constater à l'inspection de ce tableau, la longueur des bandes de roulement ne dépasse guère 23 kilomètres pour toute la France, et encore ne s'agit-il pas de voies à ornières dallées ou à rails métalliques, exception faite pour les 135 mètres de la Vendée.

Au point de vue mécanique, il est incontestable que les bandes de roulement formées de matériaux pour lesquels le coefficient de frottement de roulement est notablement plus faible que celui du macadam, ou encore du pavage usé, doivent procurer un avantage sensible aux transports en général, soit en diminuant la fatigue et par conséquent l'usure du moteur, soit en permettant, à fatigue égale du moteur, des transports beaucoup plus lourds.

Mais il est nécessaire de pousser le problème un peu plus avant, afin de se rendre compte si l'avantage dont l'évidence s'impose ainsi ,subsiste pour les véhicules à traction animale, quelles que soient les déclivités de la route, et, dans le cas contraire, de rechercher dans quelles déclivités limites il se maintient.

Si l'on désigne par:

R, la résistance à la traction,
f, le coefficent de frottement de roulement,
P, le poids brut d'un véhicule,
α l'angle formé par la route avec l'horizontale,
M, le poids du cheval,

on peut poser la formule classique d'équilibre:

$$R = f\,P \cos \alpha \pm (P + M) \sin \alpha$$

α étant toujours petit, cos α est sensiblement égal à l'unité, de même que sin α diffère très peu de tg α ou de la pente h de la trajectoire. On peut donc écrire:

$$R = f\,P \pm (P + M)\,h$$

ou en négligeant M : $R = P\,(f \pm h)$

on en tire : $\frac{R}{P} = f \pm h$

On voit que l'on aura $R = O$ pour $h = \pm f$.

Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{R}{P}$, c'est-à-dire du rapport du tirage à la charge, pour les déclivités de 5 en 5 millimètres comprises entre la pente de 30 millimètres et la rampe de 50 millimètres en prenant:

1° pour des routes empierrées. . . . . f. = 0,030
2° pour des routes pavées. . . . . f. = 0,025
3° pour des routes à ornières de granit. . . . . f. = 0,020
4° pour des routes à ornières de ciment . . . f. = 0,015
5° pour des routes à ornières de bois de chêne
brut . . . . f. = 0,010
6° pour des routes à ornières de fer . . . . . . f. = 0,006

Désignation	RAPPORT DU TIRAGE A LA CHARGE																
	Dans les descentes exprimées en m/m						Dans les rampes exprimées en m/m										
	30	25	20	15	10	5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Routes empierrées. . .	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0 050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080
Routes pavées.	—0,005	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
Routes à ornières de granit.	—0,010	—0,005	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070
Routes à ornières de ciment.	—0,015	—0,010	—0,005	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065
Routes à ornières de bois de chêne brut. .	—0,020	—0,015	—0,010	—0,005	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0.050	0,055	0,060
Routes à ornières de fer	—0,024	—0,019	—0,014	—0,009	—0,004	0,001	0,006	0,011	0,016	0,021	0,026	0,031	0,036	0,041	0,046	0,051	0,056

On voit que les véhicules auront toujours intérêt à emprunter les bandes de roulement dans les parties horizontales ainsi que dans les rampes, et qu'ils auront encore avantage à les suivre dans les descentes :

de 0 à 0,030 pour le granit,
De 0 à 0,025 pour le ciment,
de 0 à 0,020 pour le bois,
De 0 à 0,015 pour le fer.

Sur des pentes plus fortes, ils suivront de préférence la chaussée ordinaire ou même l'accotement.

Mais si, théoriquement, l'avantage des bandes de roulement est incontestable, on ne saurait affirmer qu'il en est de même en pratique, car il peut arriver que les chaussées ainsi transformées fassent naître d'autres inconvénients qui viendraient contrebalancer les bienfaits du système dans une proportion encore inconnue.

Ainsi qu'on l'a vu, l'expérience des bandes de roulement n'a pas encore été faite en France, et il semble bien qu'il y ait lieu de la tenter dans diverses régions et suivant les divers systèmes préconisés, afin de pouvoir établir des comparaisons et ne pas engager de grandes dépenses d'établissement sans bases sérieuses.

Je terminerai ce chapitre par une simple remarque. Pour le cas où le roulage sur bandes de roulement viendrait à s'étendre, il serait bon qu'un réglement de police fixât les conditions dans lesquelles devraient s'effectuer les croisements de véhicules suivant la même voie charretière à ornières.

M. Jansens avait proposé que la *préséance* fût accordée :

1° à tous les véhicules chargés rencontrant des voitures à vide ;

2° aux charges qui montent une rampe ;
et que sur une route déterminée, les charges puissent être admises à avoir la préséance, avant midi dans un sens et après midi en sens inverse.

La question me semble devoir être soumise à la Commission chargée de la préparation du Code de la Route.

PROGRÈS DANS LA LUTTE CONTRE L'USURE ET LA POUSSIÈRE

Dans le rapport nº 45 présenté au Congrès de Paris, M. le Dr Guglielminetti a,— de main de maître et avec la documentation que son rare talent de polyglotte lui permet d'étendre considérablement, — donné un historique complet du goudronnage des routes, procédé qui constitue la première manifestation de la lutte des techniciens contre l'usure et la poussière. Il a suivi pas à pas l'évolution des procédés d'application et donné par années les résultats obtenus jusqu'en juin 1908.

Sur un sujet aussi complètement traité, il ne reste plus rien à dire en ce qui concerne la période se terminant à fin 1908. Il est évident que la question à traiter par le Congrès prochain ne peut viser que les progrès réalisés dans le courant de 1909.

Mais ici encore, la situation se présente, en partie tout au moins, comme pour les bétonnages avec liants hydrauliques ou goudronneux: le court espace de temps nous séparant des dernières constatations n'a pas été suffisant pour nous permettre de relever des progrès sensibles.

Les petits pavages mosaïqués ne me paraissent pas avoir davantage imposé leur droit de cité chez nous. Je sais bien qu'on en fait beaucoup en Allemagne et j'en ai vu récemment à Metz de très jolis; mais il m'a bien semblé aussi qu'ils ne supportaient pas une circulation comparable à celle que subissent nos routes et chemins dans les régions industrielles où précisément l'usure et la poussière tendent à devenir une calamité. Toutefois, si le système des bandes de roulement qui, après avoir été abandonné, me paraît devoir être repris, venait à s'implanter en France, le petit pavage pourrait avantageusement sans doute être utilisé pour garnir l'entre-rails et les débords, sur les routes suivies par de très lourds charrois.

Si l'on passe aux goudronnages, c'est pour constater que les avis sont toujours aussi partagés en ce qui concerne l'emploi soit à chaud, soit à froid pour les goudronnages super-

ficiels, et que pour les bétons de goudron, ainsi que je l'ai indiqué dans le chapitre spécial du présent rapport, on est toujours dans la période des tâtonnements.

Je n'ai pas dressé comme dans les précédents chapitres, un tableau des goudronnages superficiels effectués en France, c'eut été trop long, fastidieux et d'utilité contestable; il suffit de constater qu'en 1909, les surfaces goudronnées n'ont pas été sensiblement plus grandes qu'en 1908.

Je dois toutefois mentionner un procédé assez curieux mais qui n'a pas encore fait ses preuves en France tout au moins, c'est l'emploi des produits anti-poussiéreux de M. R. Houben, fabricant de produits chimiques à Bruxelles. Cet industriel fabrique:

1° Pour le dépoussiérage superficiel:
La poudre Rhouben,
La poudre de goudron, qui n'est que du goudron pur préparé sous forme de poudre suivant brevet de l'inventeur.

2° Pour la construction des empierrements:
La poudre Rhouben A,
La poudre Rhouben B.

Dans le premier cas, il suffit de verser la poudre en proportions utiles sur la voie, en ayant soin d'en répandre plus au centre que sur les bords. La quantité nécessaire par mètre carré et pour une saison, varie de 1 litre à 1 litre 1/2 de poudre légère répandue en 3 ou 4 parties. On peut aussi employer la poudre préparée pour macadam; il faut alors en compter 2 kilogrammes par mètre carré.

Pour confectionner du tarmacadam, on mélange la poudre A à la poudre B dans les proportions de 100 litres de A pour 50 litres de B. On emploie 10 litres de ce mélange par mètre carré de route: de ces 10 litres on prend environ un tiers qu'on répand dans la pierraille et on cylindre à sec. Après un cylindrage suffisant on verse les deux tiers restant de la poudre, qu'on mélange avec le gravier pour sablage et on cylindre à nouveau, toujours à sec.

Pour les pavages, toutes les poudres peuvent être employées; toutefois s'il s'agit de remplir simplement les interstices des

pavés la préparation pour tarmacadam est recommandée par l'inventeur.

Le prix est pour la poudre de dépoussiérage superficiel, la poudre de goudron et la poudre A, de 50 francs les 1.000 litres; et pour la poudre B, de 135 francs les 1.000 litres. Ces prix s'entendent sur wagon en gare de Bruxelles par dix mille litres de marchandise nue.

En résumé, les conclusions formulées au Congrès de Paris en ce qui concerne la *lutte contre l'usure et la poussière* (3e question), me paraissent devoir être intégralement maintenues, la situation n'ayant pas varié: le pavage et le dallage restent toujours les remèdes ultimes contre l'usure et la poussière dans les cas de très forte circulation; de même que le macadam en pierre dure, énergiquement cylindré, et goudronné avec soin soit à chaud soit à froid, constitue encore le revêtement type des routes et chemins supportant une circulation importante.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les quelques mois écoulés depuis le Congrès de Paris, d'une part, et le temps exceptionnellement mauvais qui a sévi pendant une grande partie de la saison estivale et contrarié les essais effectués en application du vœu émis par le Congrès de 1908 (2e question), d'autre part, ne permettent pas de porter une appréciation ferme sur les avantages de l'incorporation au macadam de matières hydrauliques ou goudronneuses. La période des expériences et des tâtonnements ne pouvant être considérée comme terminée, les conclusions formulées sur ce point par le Congrès de Paris, conservent donc intégralement leur opportunité.

Les bandes de roulement ont une origine très reculée, mais il n'en existe pas, ou à peu près, en France. Théoriquement leur généralisation serait très justifiée, le roulage sous toutes ses formes en recueillerait les plus grands avantages. Mais les frais d'établissement devant être assez considérables, il convient de procéder à des essais comparatifs des divers systèmes connus, ou qui surgiront par la suite, afin de vérifier si, pratiquement, l'existence de ces bandes dans les chaussées pavées, ou même empierrées, ne présenterait pas des inconvénients dont l'importance serait de nature à contrebalancer

les bons effets du système. En prévision d'essais importants, et du développement des applications, il conviendrait de demander à la Commission chargée de la préparation du Code de la Route français ,de réglementer les conditions d'emprunt, par les véhicules de toute nature, des voies de roulage à bandes de roulement, réglementation absolument nécessaire dans le cas de voie unique appelé à être le plus répandu.

La lutte contre l'usure et la poussière n'a pas, depuis 1908, fait de progrès susceptibles d'attirer l'attention. Sous ce rapport également, les conclusions du Congrès de Paris (3e question) n'ont subi aucune atteinte, et le bon pavage ou le macadam en pierres dures bien comprimé ou goudronné avec soin à la surface, constituent encore les meilleurs remèdes contre l'usure et la poussière, suivant l'importance du roulage supporté par les voies à traiter.

Rouen, le 15 *Décembre* 1909.

SAUNIER.

66183. — PARIS. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

Trac

F

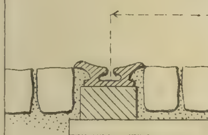
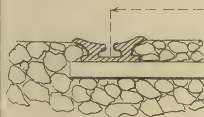
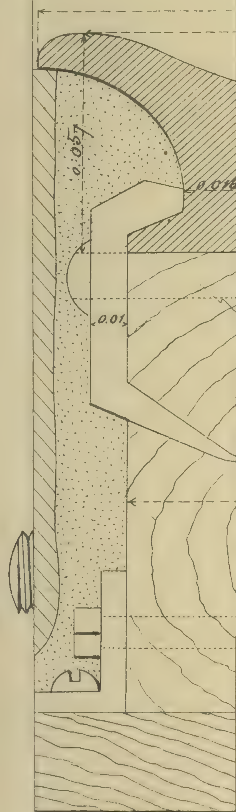


Fig. 8.



F



66.183

Voie charretière système C. Jansens.
composée de vieux rails de chemins de fer et de pavés artificiels

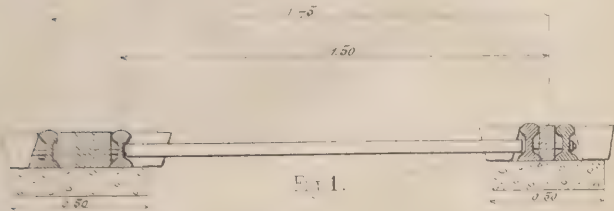
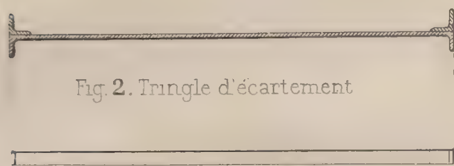


Fig. 1.


Fig. 2. Tringle d'écartement

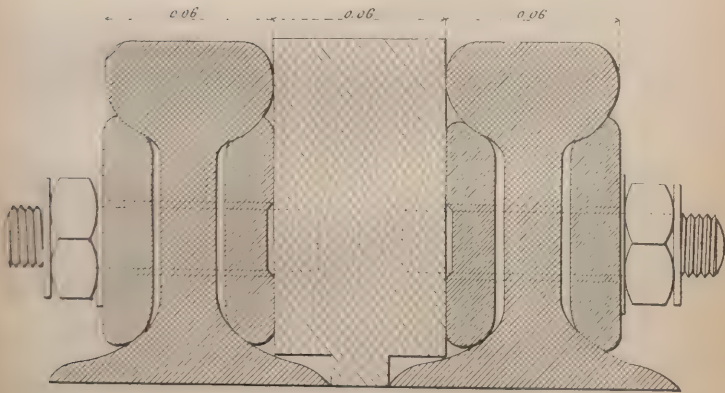


Fig 3. Détail de la voie.

Route rubanée
Système L. Richard

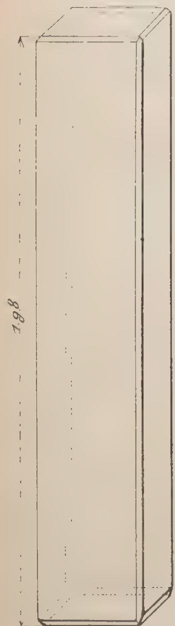


Fig 4.

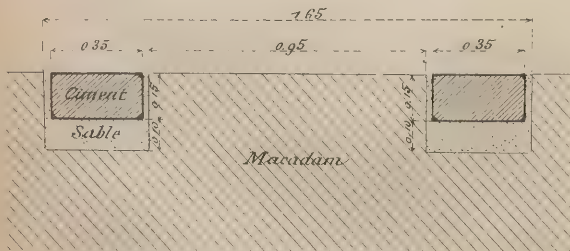


Fig 5

Voie charretière métallique.
Système Demerbe & Cie



Fig 6.

Trackway à ornières métalliques.
Système Codvelle

Fig 7. Trackway avec pavage



Fig. 8. Trackway avec empierrement

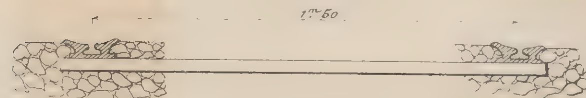
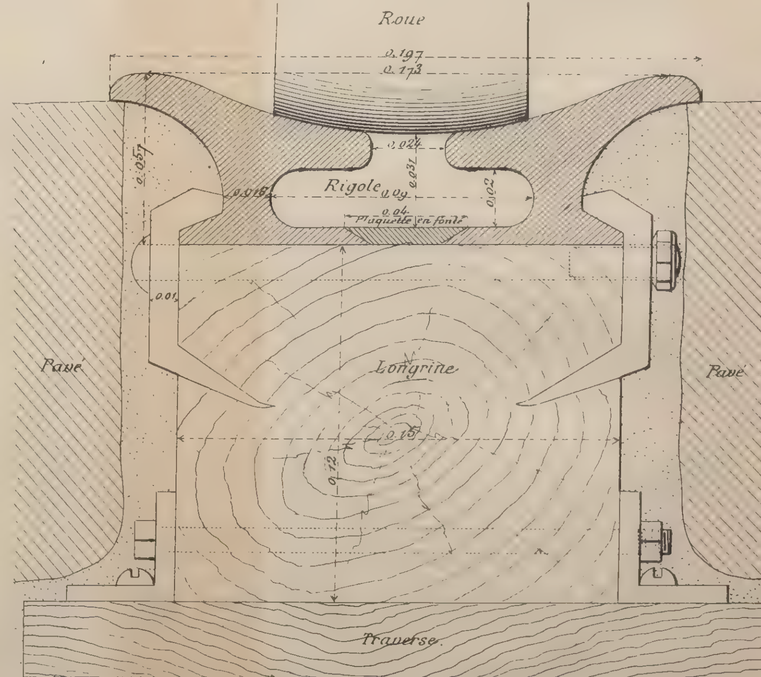


Fig. 9. Trackway avec pavage



Système Guiet



Fig 10.

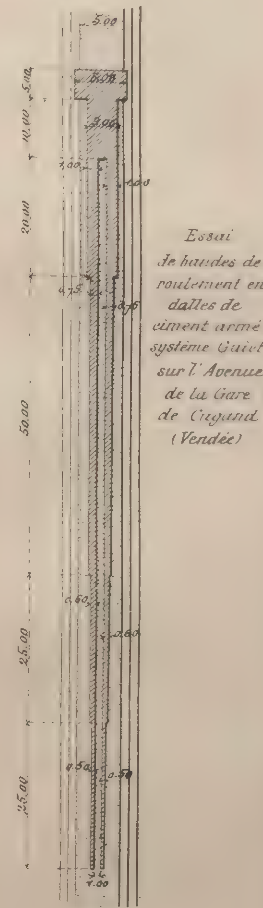


Fig 11.

Essai de bandes de roulement en dalles de ciment armé système Guiet sur l'Avenue de la Gare de Cugand (Vendée)

Saunier, 1er q

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[E] CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

ROBERT DRUMMOND

C. E., Ex-President of the Road Surveyors Association of Scotland
and County Surveyor Renfrewshire, Paisley

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Au seuil de cette étude et avant d'indiquer les progrès réalisés par notre pays dans la lutte contre l'usure et la poussière, il m'est permis de constater que le laps de temps écoulé depuis le premier Congrès international de Paris a été trop court pour qu'il puisse être porté un jugement définitif sur les résultats des diverses expériences faites en Ecosse. Je me fais néanmoins un plaisir de mettre au service du deuxième Congrès les renseignements que j'ai pu recueillir.

Les représentants de la Scottish Road Surveyors'Association, de concert avec un certain nombre de leurs collègues écossais, qui avaient, comme eux, assisté au Congrès de Paris, ont rédigé un rapport d'ensemble sur tout ce qu'ils avaient vu et entendu pendant leur participation au premier Congrès et ce rapport, avec les résolutions adoptées par le Congrès en annexe, a été distribué à tous nos collègues d'Ecosse.

En vue de recueillir des renseignements et d'en déduire des tableaux, l'Association a fait circuler au printemps de l'année dernière un questionnaire adressé à tous les membres et portant sur les progrès réalisés dans les méthodes d'entretien et sur les efforts tentés dans la lutte contre la poussière en s'inspirant des recommandations faites au cours des séances du Congrès et des conclusions adoptées.

Nous avons ainsi constitué à notre façon un bureau de renseignements pour l'Ecosse.

Le résumé des réponses reçues indiquait clairement que beaucoup d'expériences avaient été tentées au cours de l'été de 1908 pour diminuer la formation de la poussière et qu'on avait adopté sur une grande échelle, pour l'entretien des routes, de nouvelles méthodes qui avaient donné de bons résultats. Je dirai ici que, malgré le manque de comptes rendus méthodiques pour 1909, j'ai de bonnes raisons pour croire que les services de voirie sentent vivement toute l'importance qui s'attache à la continuation des essais en vue de dé-

couvrir un liant qui convienne à la contexture et à la nature des matériaux employés pour les routes, en orientant surtout les recherches du côté des liants bitumineux supprimant la poussière.

On a progressivement renoncé à l'emploi de la boue de route comme liant pour toutes les voies stratégiques ou principales; à la place, on s'est servi de cassures de basalte ou de trapp et, lorsqu'on ne pouvait pas en avoir, de sable ou gravier de carrière convenablement choisi.

Dans les agglomérations et dans la banlieue des grandes cités, le liant des routes macadamisées consiste en cassures goudronnées ou en un produit à base de goudron répandu à l'aide d'arroseuses; le mieux est encore d'enrober la pierraille de goudron avant de la mettre sur la chaussée et de consolider par un répandage de cassures goudronnées.

Voici en quelques lignes le mode d'emploi des liants et leurs prix de revient respectifs :

Pour les chemins des districts ruraux, on obtient de bons résultats avec les cassures de trapp ou le sable de carrière comme liants. Le répandage se fait par le procédé ordinaire; on arrose et on passe le rouleau à vapeur. On obtient ainsi un bon revêtement dur et homogène, qui, toutefois, n'est pas exempt de poussière.

Pour utiliser les cassures goudronnées comme liant, il convient d'abord de repiquer complètement la chaussée à recharger; quand la pierraille a été répandue, on passe dessus le rouleau à vapeur jusqu'à ce que l'on obtienne un revêtement dur et uni; puis, sans additionner d'eau, on applique une couche de cassures goudronnées, on cylindre en semant des cassures propres et sèches au cours de l'opération. On facilite par là le cylindrage et on obtient ainsi un revêtement définitif, qui peut être immédiatement livré à la circulation.

On a également essayé dans notre pays la pierraille enduite de goudron ou d'un composé du goudron pour constituer ce qu'on appelle le macadam goudronné et ce procédé a très bien réussi. Pour réaliser le maximum d'économie avec le macadam goudronné, il n'est pas d'autre formule à appliquer que celle-ci :

a) De bonnes fondations solides.

b) Un bombement convenable avec des versants suffisamment résistants.

c) Un système d'asséchement bien constitué pour l'écoulement des eaux du sous-sol et du revêtement.

On applique le macadam goudronné comme la pierraille ordinaire, à cela près que, préalablement, on commence par préparer le terrain en piquant la chaussée, en nivelant toutes les inégalités et en cylindrant pour obtenir une surface unie; on applique ensuite la pierraille goudronnée avec l'épaisseur voulue, étant données la nature et l'importance de la route à aménager; puis on passe le cylindre à vapeur et on achève la liaison par une légère couche de cassures goudronnées. Si les conditions sont favorables, cette méthode donne une excellente chaussée, qui dure beaucoup plus longtemps que tout autre genre de revêtement empierré. A tout prendre, ce revêtement est aussi bon marché que les autres et donne de bien meilleurs résultats. C'est seulement le problème des frais de premier établissement qui en empêche l'adoption plus générale. Dans tous ces revêtements modernes, non seulement la route est meilleure, mais elle dure trois, quatre et cinq fois plus longtemps.

Pour permettre les comparaisons, j'indique ici ce que les nouveaux genres de revêtements coûtent de plus que les anciens, dont le liant était composé d'eau et de boue de route. La dépense supplémentaire est :

Avec un liant en cassures de basalte ou de trapp, en sable ou gravier de carrière, de 1 penny par yard carré (11 c. 80 par mètre carré).

Avec un liant de cassures goudronnées de basalte ou de trapp, de 2 pence par yard carré (23 c. 60 par mètre carré).

Dans le macadam goudronné, la pierraille goudronnée et le liant constitué par des cassures goudronnées reviennent environ à 5 pence par yard carré (59 centimes par mètre carré).

On a fait dans une certaine mesure des expériences avec divers produits ou composés servant de liants; mais on ne possède pas de données suffisantes pour porter un jugement définitif sur leur valeur.

On a expérimenté sur les routes de notre pays divers produits spéciaux en vue d'empêcher la poussière; sans entrer dans le détail de leur valeur respective, nous pouvons dire que ceux qui ne sont pas de nature bitumineuse ne satisfont pas assez

aux exigences pour que les services publics soient amenés à les employer.

Qu'on emploie le goudron ou un autre composé bitumineux comme liant, la poussière disparaît effectivement pour toute la saison où l'application a été faite, le revêtement reste imperméable — ce qui est très important — et les frais de nettoyage et de balayage se trouvent réduits au minimum.

Le badigeonnage ou arrosage des routes au goudron a été pratiqué dans une large mesure; on a constaté que la poussière disparaissait, que la durée du revêtement se trouvait allongée et que tous les usagers de la route en bénéficiaient sous le rapport de la commodité. Ce travail fait à la machine revient à 3/4 ou 1 penny par yard carré (8 c. 9 à 11 c. 80 par mètre carré), non compris le balayage et le sablage. Cet enduit n'est efficace que pendant une seule saison sur les routes à circulation lourde; sur celles à circulation légère, il peut durer plus longtemps. Il y a lieu de rappeler, naturellement, que la réussite est complètement subordonnée, en matière de goudronnage superficiel, à l'existence de conditions climatériques favorables (c'est-à-dire que la route doit être absolument sèche); pour obtenir les meilleurs résultats, il est essentiel que la route soit construite en bons matériaux durs et que le revêtement soit homogène; on ne peut pas réussir avec une route présentant des flaches et des dénivellations.

On constate avec plaisir que, dans tout le pays, on s'est attaché à établir des revêtements modernes pour satisfaire aux exigences de la circulation nouvelle. Les progrès réalisés peuvent n'être pas aussi rapides qu'on aurait pu le désirer, mais ils le seront davantage quand ces revêtements nouveaux auront été adoptés d'une manière plus générale et que le temps écoulé aura permis de se rendre compte de l'économie qu'ils permettent de réaliser par rapport aux anciens; en raison de l'extension croissante de l'automobilisme, la nécessité s'imposera de plus en plus de doter les routes d'un revêtement à liant bitumineux qui puisse résister aux effets de cette circulation.

Emploi de bandes de roulement dans les chaussées pavées.

On emploie ces bandes de roulement pour certaines côtes très

raides dans les villes et hors traverse. Les bandes de roulement sont constituées par des blocs de granit de longueur indéterminée, ayant 12 pouces (30 cm. 48) de largeur et 6 (15 cm. 24) de hauteur. On met deux rangées parallèles de blocs sur le côté de la chaussée, à un niveau correspondant à celui des pavés. On a trouvé ces bandes de roulement très utiles sur les routes à fortes déclivités et à circulation lourde.

Paisley, 18 *Janvier* 1910

R. DRUMMOND
Ex-President
of the Scottish Road Surveyors' Association
County Surveyor, Renfrewshire

(Trad. BLAEVOET)

65983. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIᴱ CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

ANTOINE GLASNER
Ingénieur, Budapest

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHAUSSÉES EMPIERRÉES ET PAVÉES
en dehors des grandes villes en Hongrie

I. — *Considérations générales.*

Le problème que les Administrations de Hongrie avaient à résoudre pour l'établissement de chaussées comportait la construction d'un réseau de routes sur le grand territoire encadré en hémicycle par les Alpes et par les Carpathes et s'aplanissant vers le Danube, pour former la plaine hongroise dont la fertilité constitue la richesse du royaume.

Il n'était pas facile de trouver la solution juste. Dans les régions situées sur les contreforts des montagnes ou dans leur voisinage, on effectuait le travail d'une façon aussi primitive que possible : on exécutait la chaussée, suivant l'usage traditionnel, en creusant un encaissement sur une largeur de 4 à 5 mètres et en le remplissant de cailloux extraits des montagnes voisines. Ce répandage était fait soit sur une fondation de pierres de 13 à 15 centimètres d'épaisseur, soit parfois sur le sol même, sans fondation. La consolidation de la couche de cailloux ainsi encaissée sans aucune cohésion était laissée aux roues des voitures et aux fers des chevaux, parce qu'on ne connaissait pas encore, à cette époque, les cylindres à vapeur ni même les cylindres à traction animale. Ce procédé primitif très lent réussissait malgré tout, si le sous-sol était sablonneux ou pierreux. Mais lorsque celui-ci ou le remblai étaient formés de terre argileuse ou végétale, chaque roue de voiture apportait, quand le temps était pluvieux, des boues collantes dont l'adhérence aux cailloux annulait l'action de la pression exercée par les roues des voitures sur la même couche de cailloux.

C'est de là que venait la mauvaise réputation des chaussées empierrées de la plaine hongroise, et c'est pourquoi on a cherché d'autres méthodes pour les consolider.

Dans quelques contrées où on avait à sa disposition une terre argileuse quartzifère spécialement apte à la confection de briques, on utilisait comme pavages (ainsi que cela se fait encore dans les Pays-Bas et dans la province d'Oldenbourg où l'on trouve peu de pierres), des briques cuites de 23 cm 5 de longueur, 11 cm 5 de largeur et 6 centimètres d'épaisseur, nommées « klinker », que l'on disposait de champ, sur une couche de sable de 20 à 25 centimètres d'épaisseur. Mais ce système ne pouvait guère être appliqué ailleurs, son utilisation étant subordonnée à des conditions difficiles à réaliser. En effet, ces briques, quoique cuites jusqu'à être très dures, n'ont pas une résistance suffisante pour supporter la circulation sans un revêtement protecteur, constitué par une couche de sable. Cette sujétion augmente beaucoup le prix d'entretien ; de plus, le sable est très gênant dans les lieux habités et devient insupportable lorsqu'il y a du vent. Pour la circulation automobile, un pavage avec couche de sable non tassé est naturellement inutilisable. D'autre part, sans une couche de sable, le pavé dont il s'agit n'est même pas bon pour un trafic léger. Malgré ces conditions peu satisfaisantes, on l'emploie encore fréquemment dans la plaine hongroise, en raison du bon marché de sa construction.

En même temps que le réseau des chemins de fer se développait, l'exploitation de carrières a été entreprise sur plusieurs points des Carpathes, où les pierres sont spécialement propres à la confection de pavés et où la situation géographique rend possible leur transport et leur utilisation sur de longues étendues. Quelques départements de la plaine hongroise se trouvant dans une situation financière favorable, ont commencé à paver les chaussées principales reliant les villes entre elles ou conduisant aux stations de chemins de fer. Ces pavages réussirent si bien partout que les autorités, constatant leur supériorité sur les chaussées empierrées primitivement adoptées, continuèrent de faire paver d'autres voies de communication. La construction de telles chaussées a été naturellement très coûteuse, et seuls les départements les plus riches purent en exécuter sur une certaine longueur relativement restreinte.

La construction des chaussées en général, celle des chaussées empierrées en particulier, a pris un développement considérable avec l'introduction du cylindrage, du cylindrage à vapeur surtout. La couche de pierres cassées comprimée par le cylindre à vapeur est très résistante, parce que les carrières

peuvent fournir non seulement les pierres les plus dures telles que : andésite de quartz, diorite, porphyre, basalte, mais aussi les détritus nécessaires pour servir de liants.

Actuellement, en Hongrie, les chaussées empierrées ou pavées se répartissent comme suit :

Chaussées d'État (Routes nationales)	9.000 km.
Chaussées de Départements (Routes départementales.	28.000 km.
Chaussées d'Arrondissements (Chemins vicinaux) . .	13.000 km.
Chaussées de Communes (Chemins communaux) . .	1.200 km.
Total. . . .	51.200 km.

Dans cette statistique, ne sont pas comprises les rues pavées ou empierrées urbaines, qui servent surtout à la circulation à l'intérieur des agglomérations et dont la construction et l'entretien sont exclusivement à la charge des administrations locales. On vient de déposer un projet de loi qui doit avoir pour effet d'augmenter annuellement, de 1 500 à 2 000 kilomètres, le réseau des routes des départements, des arrondissements et des communes.

II. — *Partie spéciale.*

A. *Chaussées empierrées (chaussées macadamisées).*

Construction.

En principe, la construction des diverses catégories de chaussées (chaussées d'Etat, de départements, d'arrondissements et de communes), ne présente aucune différence essentielle autre que la largeur du pavage ou de l'empierrement qui varie, savoir : de 10 à 12 mètres pour les chaussées d'Etat (exceptionnellement davantage) ; de 5 à 6 mètres pour les chaussées communales à l'intérieur des agglomérations, et qui est de 4 mètres seulement en dehors de celles-ci.

Dans la construction des chaussées de départements et d'arrondissements exécutée récemment, principalement dans la plaine hongroise, on a réduit la largeur du revêtement, dans un but d'économie, afin de doter en peu de temps la plus grande partie du territoire possible, de bonnes voies de communication. La largeur de la route en couronne est généralement de

8 mètres en dehors des villes, où elle atteint 9 mètres ; mais la chaussée proprement dite n'a que 2 m. 50 à 3 mètres de largeur en rase campagne et 3 m. 50 à 4 mètres dans la traverse des villes. Les autorités chargées de la construction et de l'entretien ont l'intention d'élargir les chaussées susdites, en étendant progressivement la couche de cailloux sur les accotements, de façon à ce que ceux-ci deviennent praticables en cas d'augmentation de la circulation.

Anciennement, et spécialement dans les contrées montagneuses, on a construit la chaussée le plus souvent sans l'asseoir sur une fondation de pierres (blocage) et en employant seulement des cailloux (macadam). Sur le sol mou de la plaine, ce système n'a pas donné de bons résultats, et, maintenant, on exécute ici, dans toutes les constructions de chaussées, une fondation en pierres de 13 à 15 centimètres d'épaisseur. On appuie leur face la plus grande sur le sol préalablement réglé, conformément au profil de la chaussée à construire ; on les serre soigneusement, on les cale à l'aide de déchets et, sur ce blocage, on étend une couche de pierres cassées, d'une épaisseur de 10 centimètres.

Avant l'introduction du cylindrage, la construction des chaussées empierrées se terminait par le répandage de la couche de pierres cassées ou de cailloux non agglutinés. Maintenant, la chaussée est achevée à l'aide du cylindre à vapeur. L'Etat dispose lui-même, tant pour les constructions nouvelles que pour l'entretien de ses chaussées, d'un grand nombre de cylindres à vapeur pesant de 13 à 15 tonnes. En outre, beaucoup de départements et les plus importantes entreprises de constructions de chaussées, possèdent aussi des cylindres à vapeur. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on emploie le cylindre à traction animale, par exemple, sur une partie de chaussée nouvellement construite où le sol ne paraît pas suffisamment solide pour supporter, au premier cylindrage, le poids du cylindre à vapeur.

Pour obtenir une bonne compression des cailloux par cylindrage, il ne faut pas avoir recours aux matériaux tendres, mais au contraire choisir les plus résistants possible : basalte, andesyte ou porphyre très dur, et, de plus, introduire dans les carrières le cassage mécanique et employer, comme liant, les détritus provenant de ce cassage. Le cylindre à vapeur doit passer sur une couche de cailloux d'une épaisseur de 10 à 11 centimètres, jusqu'à ce que les pierres se placent exactement suivant le profil voulu, sans que leurs angles ne se cassent, et qu'elles

forment un bloc assez compact pour que, sous l'action d'une voiture, elles ne perdent pas la moindre cohésion. Si la fondation de la chaussée est suffisamment solide, on atteint le résultat désiré, avec un cylindre à vapeur pesant 13 à 15 tonnes, au bout de 220 à 250 tours, sur une chaussée de 4 mètres de largeur convenablement arrosée. Puis on répand sur la partie cylindrée une couche de 1 à 1 cm 1/2 de détritus (matières d'agrégation), et on fait passer de nouveau le cylindre 10 à 20 fois sur le tout. Les détritus pénètrent dans les interstices de la couche de cailloux et celle-ci, sous la pression du cylindre, acquiert une structure solide en forme de mosaïque. Même dans cet état, on ne la livre pas encore à la circulation ; on la recouvre d'abord d'une couche de sable de 1 cm 1/2 à 2 centimètres, et c'est seulement après qu'on la met en service. Comme il se forme des ornières dans la couche de sable, on les fait très facilement disparaître avec le balai et on empêche ainsi les voitures de suivre la même piste ; par suite, le revêtement devient rapidement solide. En même temps, le sable pénètre dans les joints les plus étroits qui auraient pu rester ouverts et achève ainsi sa consolidation.

Le cylindrage réussit particulièrement bien sur un sol sablonneux, ainsi qu'en des cas spéciaux où le sol de la chaussée étant terreux et mou, on a dû répandre les cailloux sur une couche de sable de 15 à 20 centimètres d'épaisseur.

Le goudronnage n'a pas encore été employé dans les constructions récentes de chaussées, sauf sur une nouvelle route conduisant à Herculesbad (connu par ses thermes de soufre), que l'Etat fait construire actuellement, avec chaussée en macadam goudronné.

Matériaux.

Les contreforts des Alpes qui dominent l'ouest et le sud-ouest de la Hongrie sont composés, en majeure partie, de pierres calcaires, et, par endroits, de grès ; de même, le massif principal des Carpathes est formé de pierres calcaires de compositions les plus différentes, savoir : dans l'ouest et dans le nord, dolomites et pierres calcaires ordinaires ; dans l'est, pierres calcaires cristallines et marbre ; une autre partie des Carpathes est composée de grès et de conglomérats. Enfin, en quelques points,

on extrait des pierres éruptives : granite, trachyte, quartz, andésite, pyroxène andésite, basalte.

Les premières chaussées traversant les parties montagneuses du pays ont été construites avec les matériaux trouvés à proximité, pierres calcaires et grès principalement. Avant l'adoption du cylindrage, et pour une circulation légère, ces matériaux rendaient les plus grands services, parce qu'ils se liaient facilement et offraient un bon revêtement, uniforme et agréable. Dans les nouvelles constructions de chaussées, établies principalement dans la basse plaine, on emploie, en outre des pierres calcaires et des grès faciles à obtenir à des prix modérés, les trachytes ordinaires, principalement pour la fondation ; de plus, pour obtenir de la couche de cailloux une plus grande résistance, on emploie, partout où cela est possible, du basalte ou du pyroxène-andésite. Les pierres calcaires ou le grès ne sont employés pour le revêtement des nouvelles chaussées qu'à titre exceptionnel, lorsque l'on compte sur une circulation légère ou quand l'emploi de matériaux de meilleure qualité ne serait possible qu'à un prix trop élevé.

Dans la construction des chaussées communales et départementales où la circulation est peu importante, on emploie aussi, comme revêtement, du gravier de carrière ou de rivière quand on peut en obtenir à proximité de la chaussée à construire.

Entretien.

On effectue l'entretien des chaussées empierrées soit d'après le système des emplois partiels, soit par celui des rechargements généraux. Sur les chaussées où le trafic est peu important, on procède, en général, par emplois partiels des matériaux, tandis que sur les chaussées à grande circulation, on trouve préférable de recharger entièrement la chaussée à des intervalles de trois ans au plus, et de la cylindrer.

La chaussée empierrée entretenue de cette façon satisfait parfaitement aux exigences de la circulation en dehors des villes et aussi à l'intérieur de celles-ci jusqu'à certaines limites qui diffèrent beaucoup suivant les circonstances locales. Mais on peut constater que les chaussées empierrées entretenues soigneusement avec des matériaux solides sont encore très admissibles jusqu'à un trafic de 800 colliers par vingt-quatre heures. Si l'on

ne dispose que de matériaux d'entretien de moindre valeur, par exemple de pierres calcaires tendres, la chaussée souffrira déjà sous l'action d'un trafic de 600 colliers, et, par un temps pluvieux, elle perdra l'aspect d'une route.

Jusqu'à quel point l'augmentation de la circulation est-elle possible, lorsque l'on introduit le goudronnage ou d'autres liants dans l'entretien de la chaussée ?

Nous n'avons pas, en Hongrie, de points de comparaison à ce sujet, parce que, chez nous, la circulation des automobiles est encore très faible, que le goudronnage des chaussées n'est pas un besoin urgent et que c'est seulement depuis peu qu'on a commencé à faire sur de vieilles chaussées les premiers essais de goudronnage sur de très faibles parcours.

Les frais d'entretien des chaussées empierrées sont, à l'intérieur des villes, de 14 à 45 heller, et, en dehors de celles-ci, de 7 à 24 heller par mètre carré et par an (1 heller = 1 centime). Il résulte de ces chiffres que, dans le cas d'une certaine augmentation de trafic, l'entretien de la chaussée empierrée devient très onéreux et qu'il devient préférable de la remplacer par une chaussée pavée.

B. — Chaussées pavées.

On distingue, en Hongrie, deux catégories de chaussées pavées : celles construites avec de grandes ou avec de petites pierres. Il n'y a pas de limite absolue entre ces deux catégories, mais la pratique a néanmoins consacré ces deux désignations.

On pourrait peut-être adopter les définitions suivantes :

Pavage avec de grandes pierres, celui dont les pavés conservent leur stabilité sans fondation (bien qu'une fondation soit désirable dans les deux systèmes de pavage).

Pavage avec de petites pierres, celui dont les pavés perdent leur stabilité, s'ils ne reposent pas sur une fondation solide, dès que la chaussée est soumise à la circulation.

a). — Pavage avec de grandes pierres (grands pavés).

Construction.

Il existe depuis longtemps des routes et des rues pavées dans les pays de montagne, où on avait, dans le voisinage, des matériaux propres à la fabrication des pavés, mais partout ce pavage

était exécuté en moellons irréguliers. En beaucoup d'endroits, sur les bords des fleuves, où l'on trouvait dans les galets des pierres assez grandes (vacques), en abondance, on employait beaucoup ces matériaux. Mais les pavages établis conformément aux règles de l'art, avec des pavés réguliers, n'existaient pas, sauf dans la capitale de Budapest et une ou deux autres grandes villes, qui faisaient venir ces pavés de l'étranger. Toutefois, à la suite du développement du réseau de chemins de fer, une industrie normale de carrières s'étant créée et ayant pu fournir des pavés à des prix modérés, le pavage avec pavés de formes plus ou moins régulières, s'est généralisé. Les villes et les communes de la plaine hongroise ont aussi déployé une grande activité pour établir des chaussées pavées, surtout pour les voies d'accès aux stations de chemins de fer. Ce système précédait même, en beaucoup d'endroits de la plaine hongroise, — comme nous l'avons mentionné dans l'exposé général, au début de notre rapport, — la construction des chaussées empierrées ; et parfois des chaussées empierrés établies d'après les méthodes primitives alors en usage, ont été abandonnées. On enlevait la pierraille pour l'utiliser ailleurs, parce que l'emploi de la vieille et solide chaussée empierrée comme fondation du pavage n'était possible que dans les cas très rares où l'on n'était pas tenu de maintenir la chaussée à son ancien niveau.

Dans la plupart des pavages, en Hongrie, on emploie des pierres dont la face supérieure est un carré de 18 centimètres de côté, et on utilise parfois, pour obtenir une bonne liaison, des pavés dont la face supérieure mesure 18 à 27 centimètres. En outre, leur forme et leur épaisseur diffèrent selon les exigences locales imposées. A Budapest et dans quelques grandes villes de province, on emploie généralement des pierres de forme cubique régulière, de 18 centimètres de côté. Partout ailleurs, les pierres sont de forme prismatique, mais on exige que la face inférieure soit au moins égale aux 4/5 de la face supérieure et qu'elle soit parallèle à celle-ci. L'épaisseur de ces pavés, dits d'échantillon, est de 13 à 15 centimètres.

Par économie, on ne pave, en beaucoup d'endroits, que la partie centrale, sur une largeur de 2 m. 50 à 3 mètres, avec des pavés réguliers, tandis que les bandes latérales sont pavées avec des pierres grossièrement travaillées, de forme à peu près régulière, mais de mêmes dimensions que les pavés. Si on veut réaliser une économie plus grande encore, on pave la rue sur

toute sa largeur avec ces mêmes pierres grossièrement travaillées.

On pose les pavés sur une couche de sable de 20 à 30 centimètres et on les dresse soigneusement avec le pilon. Ces pavages ne sont pas exécutés, en général, sur une fondation, bien que cela serait très désirable.

On pose les pavés en ranges formant avec la chaussée un angle de 45° ; au croisement avec d'autres chaussées, on exécute un raccordement à l'aide de plusieurs ranges disposées perpendiculairement audit axe, et on emploie exclusivement, pour effectuer ce raccordement, des pierres oblongues de 18 à 27 centimètres, de manière à ce que les roues des voitures passent sur le moins grand nombre possible de joints de pavés.

La construction par ranges à 45° avec grandes pierres est non seulement bonne, mais elle est absolument nécessaire, parce qu'avec les ranges perpendiculaires à l'axe de la chaussée, le joint, entre deux pierres, constitue une rainure profonde qui rend le pavage très raboteux. Les ranges perpendiculaires à l'axe se recommandent seulement si les pavés ont, suivant la direction de la route, une dimension plus petite (10 à 12 centimètres) et une longueur sensiblement plus grande (20 à 30 centimètres) ; elles sont employées avec avantage dans les fortes rampes.

Matériaux.

Les matériaux employés pour les pavages étaient tout d'abord, comme ceux des chaussées empierrées, de valeur inférieure. On prenait les trachytes ordinaires (pauvres en quartz) les plus facilement accessibles dans les nombreuses carrières ouvertes dans les contreforts des Carpathes, au nord de la capitale de Budapest et près du Danube. Ces matériaux étaient transportés, sur bateaux, avant l'établissement des voies ferrées. Depuis l'extension du réseau de chemin de fer, on a ouvert, — en des points inaccessibles auparavant, — beaucoup de carrières spécialement propres à la fourniture de pavés de la meilleure qualité. On a aussi exploité des trachytes de quartz excellents, dont la résistance surpasse celle des meilleurs granits, puis des granits, et, dans les Carpathes, de grandes masses de dacite (de Dacie). Ces derniers pavés, qui constituent une spécialité

de la Hongrie, ont une structure analogue à celle du porphyre. On y trouve mélangés le feldspath, le quartz, l'amphibole et la biobite, de telle façon que la pierre ressemble beaucoup au granit, et pratiquement on la considère souvent comme étant du granit, surtout si elle est du dacite riche en quartz. Sa résistance est de 1 800 à 2 500 kilogrammes par centimètre carré ; elle dépasse donc de beaucoup celle du granit lui-même. La plupart des pavages de la plaine hongroise ont été exécutés jusqu'à présent avec cette pierre.

On a ouvert récemment de grandes carrières de basalte, et les techniciens recommandent son emploi pour les pavages en raison de sa grande résistance (3 000 à 3 500 kilogrammes par centimètre carré). Le basalte est très favorablement distribué en Hongrie, puisqu'on trouve dans le sud-ouest, dans le nord, dans le sud et dans l'est du pays (Badacsony au lac Balaton, Fülek-Korlát sur la ligne du nord des chemins de fer de l'Etat, Lu-Karecz dans le sud et Alsó-Rákos près de la frontière du sud-est), des montagnes de basalte dont les pierres peuvent être transportées sur tous les points du pays, grâce à l'extension continue des voies ferrées.

Malgré leur grande résistance, on peut fendre facilement ces pierres et obtenir la forme qu'exigent les pavés. Les techniciens hésitaient d'abord à employer les basaltes comme pavés, parce qu'ils craignaient le lissage sous l'action de la circulation, mais l'expérience n'a pas confirmé cette crainte pour les basaltes hongrois, la plupart granuleux.

Entretien.

L'entretien des chaussées pavées solidement construites avec des matériaux résistants, n'entraîne que peu de frais s'il est effectué méthodiquement. Mais, en maints endroits, on se fie à la résistance des pavés et on néglige de prendre les précautions nécessaires. Tandis que l'entretien des autres revêtements (asphalte, kéramite, bois) est confié à des entrepreneurs, à des prix souvent fort élevés, la plupart des autorités se chargent elles-mêmes de l'entretien du pavage en pierre ; mais, en beaucoup de cas, celles-ci négligent, par une économie mal appliquée, les parties peu détériorées, ce qui occasionne, au bout d'un certain temps, une déformation générale de la chaussée

Un autre inconvénient fréquent est qu'en beaucoup d'endroits où l'on enlève pour un motif quelconque une partie du pavage (par exemple pour la pose de tuyaux de gaz ou de conduites d'eau, de câbles électriques, etc.), la remise en place des pavés n'est pas confiée à des ouvriers dûment expérimentés ou n'est pas exécutée assez consciencieusement.

Les pavages les plus anciens exécutés avec des matériaux solides, trachyte de quartz, porphyre de quartz (dacite riche en quartz), granit, ont une durée de trente-deux à trente-cinq ans, et là où on a pris soin de leur entretien, ils sont toujours en bon état. Le prix de revient annuel n'excède pas 10 heller par mètre carré. Dans le département de Békès, l'un de ceux de la plaine les plus riches, et où l'on a construit en dehors des villes environ 120 kilomètres de chaussées pavées depuis vingt-sept ans, l'entretien en a été confié, depuis l'origine, au Bureau des Constructions du Département, qui l'a effectué très consciencieusement et en relevant exactement les frais. Ceux-ci se sont élevés, pendant vingt ans, à 5 heller à peine par mètre carré et par an ; dans les trois à cinq premières années, l'entretien était assuré gratuitement par l'entrepreneur qui avait fait la construction.

Depuis environ quinze ans, on emploie très largement le basalte pour les pavages, et les résultats, au point de vue des frais d'entretien, sont encore plus favorables que ceux obtenus avec les autres matériaux ci-dessus mentionnés.

b). — *Pavage avec de petites pierres* (petits pavés).

En 1899, le Ministère royal hongrois du Commerce, auquel ressortissent toutes les affaires relatives aux voies de communication du pays, a envoyé une Commission spéciale à l'étranger pour étudier les progrès réalisés concernant la construction des chaussées. Cette Commission a publié un rapport détaillé sur le pavage au petit pavé introduit en Allemagne par le Conseiller aux travaux publics Gravenhorst. De cette époque date l'impulsion donnée, en Hongrie, au pavage des chaussées en petits pavés ; on a abandonné le procédé anti-économique et irrationnel qui consistait à démolir entièrement une chaussée devenue insuffisante pour la circulation et à la remplacer par une chaussée pavée avec de grandes pierres. On a conservé le vieux chemin

solide, et on l'a fait servir de fondation à un pavage en petits pavés ; on a ainsi utilisé d'une manière fructueuse et parfaite au point de vue technique le capital primitivement employé.

Construction.

On établit, en Hongrie, le pavage en petits pavés de la manière suivante :

Dans la plupart des cas, il s'agit de la reconstruction partielle de chaussées d'Etat ou de départements traversant des agglomérations. Ces routes ont — comme nous l'avons dit dans la partie de ce rapport traitant des chaussées empierrées — une chaussée de 4 à 5 mètres de largeur, encadrée des deux côtés par des accotements de 2 à 3 mètres de largeur chacun, en terre, sauf dans les grandes villes de province où ils sont quelquefois pavés ou empierrés.

Tout d'abord, on aplanit soigneusement la surface de la chaussée, le plus souvent au moyen de l'arracheur traîné par le cylindre à vapeur, et on ramène dans les ornières les déblais des bosses, afin de faire disparaître les unes et les autres. Puis on cylindre la chaussée soigneusement, jusqu'à ce que son profil devienne parfaitement ferme et ait acquis sa forme absolument régulière. Cela fait, on creuse de chaque côté du pavage à établir, une rigole étroite, destinée à placer les bordures de ce pavage. Elles ont une largeur en tête de 10 centimètres, une profondeur de 20 centimètres et une longueur de 30 à 50 centimètres. On les pose avec soin dans la rigole remplie avec un peu de sable ,de façon à ce que la face supérieure dépasse la plate-forme cylindrée de 9 à 10 centimètres. Les installations telles que couvertures de canaux, appareils hydrauliques, etc., sont également placées au même niveau et encadrées de bordures ou d'autres grands pavés. On procède de même à la jonction de pavages différents et sur la chaussée proprement dite, à l'origine et à la fin du pavage. Puis on étend une couche de sable pur de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, et le paveur commence la mise en place des pavés.

On l'effectue, en Hongrie, d'une manière toute spéciale. Tandis qu'en Allemagne, par exemple, on établit le pavage en ranges en forme d'arc de cercle ou de parabole, en Hongrie les ranges sont droites et forment avec l'axe de la chaussée un

angle de 45° ; sur des voies larges, on fait varier parfois cette inclinaison à plusieurs reprises, de sorte que les ranges forment des dessins en zigzag. On ne sait encore laquelle des deux méthodes est préférable. Mais nous croyons que la chose est sans importance si les autres dispositions que nécessite un bon pavage avec de petits pavés sont remplies. Il est possible que M. Scheuermann, Inspecteur des constructions à Wiesbaden, ait raison d'attribuer, pour les pavages en petits pavés sur routes en forte rampe, un avantage à la disposition des ranges en forme d'arc, dont la bissectrice passe dans la direction de la rampe, parce que les ranges se pressent contre les bordures, formant arc-boutant lorsque les bêtes de trait prennent leur appui sur les joints, soit en gravissant la côte, soit en la descendant. Mais cette particularité est de minime importance pour un pavage avec de petits pavés, effectué en principe, avec des joints aussi étroits que possible ; ajoutons que les chaussées pavées de Hongrie étant construites généralement en pays plat, cette facilité d'appui ne peut guère être prise en considération. Nous supposons que l'adoption de ranges en forme d'arc résulte non pas d'une considération technique, mais de ce fait qu'à l'origine on n'exécutait pas, en Allemagne, les premiers pavages avec de petits pavés préparés spécialement dans ce but, mais bien avec des pièces triées parmi les cailloux ordinaires où il en existait beaucoup à tête triangulaire, pentagonale ou trapézoïdale. Avec ces derniers matériaux, il était plus facile de disposer les ranges en forme d'arc qu'en ligne droite. En outre, l'exécution de toutes sortes de petits pavages en forme de mosaïque sur les trottoirs pour piétons dans les villes allemandes étant usitée depuis longtemps, le paveur était, par suite, accoutumé à poser les petites pierres en forme d'arc, de spirale, etc.

En Hongrie, on taille, en général, les petits pavés en forme de cube, plus ou moins régulier, à tête carrée. De tels pavés ne peuvent être posés qu'en lignes droites. Selon nous, l'aspect d'un pavage exécuté avec des ranges droites est plus sérieux que la gracieuse mosaïque en forme d'arc. Le pavage en ranges droites inclinées à 45° a encore l'avantage technique que les bandages des roues n'usent jamais les arêtes le long des joints, ce qui, dans les rangees en forme d'arc, est inévitable, parce que, dans ce cas, beaucoup de joints sont parallèles à l'axe de la chaussée.

En Hongrie, on taille les pavés, surtout ceux de basalte, à

l'aide de machines de la « Bornholmer Granitwerke Actiengesellschaft » ; lorsque la pierre nécessaire est à la disposition du service, le travail de taille se fait à la main. Les pavés ont une hauteur de 7 à 10 centimètres ; la face de pose est parallèle à celle de la tête et sensiblement égale à celle-ci ; la surface de la tête est généralement la plus régulière et sa largeur latérale est de 7 à 9 centimètres.

En posant les pavés, on a soin de placer ceux de même hauteur l'un auprès de l'autre. On pose les plus hauts dans les parties centrales plus fréquentées, et les plus petits sur les côtés. Les pavés sont placés à sec (c'est-à-dire sans sable), aussi serrés que possible, et, à cet effet, le paveur enlève les petites bosses avec un marteau. Puis on remplit les joints de sable pur, et après arrosage du pavage, on fait passer le cylindre à vapeur jusqu'à ce que les pavés ne cèdent plus sous sa pression. On fait disparaître les petites inégalités éventuelles avec le pilon. La consolidation du pavage par cylindrage au lieu du pilonnage a fait ses preuves en Hongrie. Le cylindrage fait disparaître les fautes résultant de la pose des pavés, parce qu'il comprime ceux qui sont trop hauts sur la couche inférieure et les écrase. On enlève ceux-ci aussitôt et on les remplace par d'autres de la hauteur voulue. Le profil cylindré devient parfaitement régulier et les pavés sont serrés l'un contre l'autre de la manière la plus solide. On couvre la chaussée ainsi construite avec une couche très mince de sable, qu'on laisse séjourner au début de la mise en service de la voie, soit environ pendant deux semaines, et qu'on balaye ensuite. Il est avantageux d'arroser cette couche de sable de temps en temps avec de l'eau ; les joints qui ont quelques millimètres (exceptionnellement un centimètre), se remplissent complètement, de telle sorte que même de fortes averses ne réussissent que rarement à en ouvrir quelques-uns. On remplit ceux-ci de nouveau avec du sable.

Si des caniveaux pavés bordent immédiatement une chaussée empierrée, comme c'est généralement le cas dans les villes, des bordures distinctes ne sont pas absolument nécessaires, tout en étant recommandables, pour séparer rigoureusement la chaussée proprement dite des autres parties de la route.

Le niveau primitif de l'ancienne chaussée n'est rehaussé que de quelques centimètres au plus, en général, par le pavage avec de petits pavés, quoique la hauteur de celui-ci soit de 9 à 10 centimètres. L'épaisseur de la couche supérieure a bien, la plu-

part du temps, 10 à 15 centimètres, mais on dispose ordinairement les petits pavés sur une vieille chaussée déjà fort usée, d'autant plus qu'à partir du moment où la construction du pavage est décidée, on cesse de la recharger de cailloux. Par l'aplanissement de la chaussée et par son cylindrage, on réduit l'épaisseur de la couche supérieure projetée de 10 à 15 centimètres à 5 à 8 centimètres, et le niveau de la nouvelle chaussée s'élève, par le pavage, de 3 à 5 centimètres. C'est donc un faible exhaussement qui peut, presque toujours, être effectué sans difficulté. Par suite, le remplacement des chaussées empierrées dans les villes par un pavage avec de grands pavés est souvent superflu, et il ne doit y être procédé que seulement dans les cas où l'on ne peut utiliser une vieille chaussée empierrée existante, et lorsque les prix modérés d'achat de pavés, une circulation extrêmement lourde ou d'autres circonstances en rendent désirable la construction.

Le pavage avec de petits pavés se recommande également en beaucoup de cas, même s'il n'existe pas une vieille chaussée empierrée. On doit alors établir soit un encaissement empierré comme fondation, soit une fondation en béton de 10 à 15 centimètres d'épaisseur. Le choix dépend exclusivement du prix auquel l'une ou l'autre fondation peut être construite, et ces deux procédés de construction ont donné de bons résultats en Hongrie. Toutefois, la fondation avec blocage et couche de pierres cassées est, en soi, plus avantageuse, parce que le dépavage et les réparations, en cas de pose de conduites, sont moins coûteux qu'avec le béton.

Un pavage en petits pavés de basalte de bonne qualité, construit de la manière ci-dessus décrite sur une fondation solide et incompressible, suffit à toutes les exigences imposées à une chaussée de ville et ayant même à supporter un gros trafic (excepté toutefois le transport de lourdes charges sur les chaussées principales des grandes villes industrielles). Le pavage avec de petits pavés a une grande capacité de résistance au roulage ; il est élastique et agréablement carrossable, d'un bel aspect, peu ou point perméable, et possède des joints très étroits ; il offre aux bêtes de trait de très bons points d'appui ; ses angles ne s'arrondissent pas, grâce aux petites dimensions de sa face supérieure ; le pavé ne devient pas raboteux, même après une longue exploitation ; le roulage y fait peu de bruit, et, *last but not least*, sa construction et son entretien sont bon marché. Un mètre carré

de ce pavage coûte, en Hongrie, pour le règlement de l'ancienne chaussée empierrée, le cylindrage, la couche de sable, 6,50 à 7,50 couronnes (6 fr. 83 à 7 fr. 88). Son entretien, depuis huit ans qu'il est construit, est de 2 à 3 heller à peine par mètre carré et par an, et, à en juger par son bon état actuel, la dépense d'entretien pendant vingt à vingt-cinq ans ne sera encore que de quelques heller seulement, de 12 à 15 au plus par mètre carré et par an.

Toutefois, les expériences faites de pavage avec de petits pavés ont démontré la grande importance de leur établissement sur une fondation solide. On a aussi reconnu que l'insuccès de quelques expériences défavorables au pavage avec de grands pavés doit être attribué à une confiance exagérée dans la faculté qu'ont les grandes pierres de supporter de grandes charges sans fondation.

Conclusions.

I. — Avec une circulation de 600 à 800 colliers par vingt-quatre heures, nous pensons que l'on doit recommander la chaussée empierrée construite avec le cylindre à vapeur, surtout si elle est établie avec fondation et une couche de pierres cassées de basalte.

II. — Dans le cas où l'on a à desservir une circulation plus grande et s'il s'agit d'une nouvelle voie à établir, on doit employer le pavage avec de grands pavés et cela, autant que possible, sur une fondation de cailloux ou de blocage avec cailloux. La fondation n'est pas indispensable dans le cas où la voie n'a qu'une circulation de voitures de faible importance. Là où les circonstances le permettent, dans les constructions neuves, on doit employer le pavage avec de petits pavés, soit sur un encaissement empierré, soit sur fondation de béton.

III. — Là où une ancienne chaussée empierrée existe et où la circulation dépasse 600 à 800 colliers par vingt-quatre heures, on doit consolider définitivement cette chaussée par un revêtement en petits pavés.

Budapest, Novembre 1909.

Antoine GLASNER.

Ingénieur.

65805. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIᴱ CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR
MASSIMO TEDESCHI
Ingénieur et Directeur de la Revue " Le Strade ", Turin
ET
CESARE CORAZZA
Ingénieur préposé à la Direction du Service Technique général
de la Province de Turin

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

LES CHAUSSÉES EMPIERRÉES EN ITALIE

On peut affirmer que le Congrès de Paris a reconnu, qu'en l'état actuel et technique des routes, le cylindrage à vapeur est, de tous les systèmes, celui qui est le plus à recommander; mais, en même temps, il a exprimé le désir qu'on découvre un autre mode de revêtement plus perfectionné et mieux en état de résister à la circulation moderne qui utilise les routes. On trouve, en effet, dans le vœu émis sur la seconde question, la recommandation de faire des études et des essais sur les routes empierrées et goudronnées ou dont les matériaux sont liés avec d'autres liquides; cette recommandation se trouve aussi formulée dans le vœu émis sur la troisième question.

On peut aussi remarquer une tendance générale à recourir au cylindrage des emplois partiels, concurremment avec les rechargements généraux cylindrés.

C'est très opportunément, que pour le deuxième Congrès, une question a été posée explicitement sur l'emploi des liants ou de tous autres moyens susceptibles de renforcer et de perfectionner le macadam cylindré.

Il y aura donc un grand intérêt à connaître les communications faites par tous les pays sur les procédés généralement adoptés pour appliquer les desiderata du premier Congrès et d'en comparer aussi les résultats.

Notre but est de fournir notre contingent sur cette question en ce qui concerne l'Italie.

Macadams cylindrés.

Nous devons tout d'abord faire connaître que la contribution de l'Italie aux expériences recommandées a été de faible importance parce que le système de cylindrage à vapeur, n'y a, pour le moment, qu'un emploi limité. Il a été adopté par quelques villes pour les routes de banlieue ou pour les rues qui n'étaient pas encore pavées. Quelques admi-

nistrations provinciales ont aussi fait des essais, mais, en général, ce système n'a été utilisé régulièrement pour l'entretien des routes, que par un petit nombre d'entre elles.

On peut attribuer cet état de choses à ce que, dans plusieurs provinces la circulation n'a pas encore atteint l'intensité qui exige impérieusement le cylindrage et aussi à ce fait que, dans les localités où le cylindrage serait opportun, souvent des difficultés financières forment obstacle à son introduction.

Enfin, pour une foule de raisons, l'Italie est encore en retard en cette matière, et nous pouvons affirmer que l'entretien rationnel des routes vient seulement d'y être entrepris.

L'élément technique a néanmoins fait des efforts continuels pour améliorer la viabilité et faire adopter les méthodes modernes d'entretien des routes.

Au douzième Congrès des architectes et ingénieurs italiens, qui a eu lieu à Florence en octobre 1909, toutes les personnalités les plus en vue et les plus compétentes en la matière, se sont réunies dans la Section de la Viabilité pour discuter la question de l'entretien des routes.

M. l'ingénieur Italo Vandone, chef du bureau technique de la province de Milan, a, dans un très intéressant rapport, présenté les règles générales techniques et administratives de cet entretien, en rappelant, avec beaucoup d'à-propos, les dernières déclarations du Congrès de Paris. Sur le rapport de M. l'ingénieur Vandone, le Congrès a, une fois de plus, affirmé que les études relatives à l'entretien des routes doivent être basées sur le cylindrage pour l'emploi normal des matériaux, en restreignant aux routes de circulation limitée l'emploi des matériaux non comprimés. Il a aussi fait ressortir qu'une grande économie dans les frais d'entretien pouvait être obtenue par un choix judicieux des matériaux donnant les meilleurs résultats. Il faut donc déterminer, au moyen d'expériences, le coefficient de qualité de chaque espèce des matériaux de la région; il faut aussi procéder au recensement périodique de la circulation des véhicules.

Le résultat de cette application restreinte du cylindrage, en Italie, a été que les perfectionnements consécutifs au cylindrage des routes n'ont été réalisés que dans une mesure très limitée.

Nous traiterons de ces perfectionnements par ordre chronologique en commençant par le goudronnage superficiel.

Goudronnage superficiel.

Le goudronnage, reconnu comme le meilleur moyen d'éviter la poussière et, en même temps, de consolider les empierrements, a eu comme premier initiateur M. l'ingénieur Guido Rimini; le premier essai fut fait à Lugo (province de Ravenne) en 1901 et a été relaté, la même année, par le journal « Le Strade ».

La province de Turin a commencé le goudronnage en 1902 et a continué depuis en augmentant chaque année la surface traitée. Les résultats ont toujours été satisfaisants surtout en ce qui concerne la diminution de la poussière.

Les avantages réalisés sur des routes parcourues par des tramways sont importants; sur ces routes, l'application du goudronnage a été fait, en ce qui concerne la dépense, d'accord avec les Sociétés exploitant les lignes de tramways. Les résultats sont favorables autant pour l'hygiène que pour les piétons et autres voyageurs; c'est pourquoi on étudie actuellement les moyens d'étendre ce système à toutes les routes parcourues par des tramways.

Dans la province de Turin, on a eu l'occasion de constater les avantages du goudronnage sur les routes exposées aux vents violents; les résultats obtenus et leur durée sont tels que, pour des routes battues par de forts vents, le goudronnage est absolument une opération recommandable.

La province de Milan a aussi commencé l'application du goudronnage en 1902; depuis elle a augmenté successivement chaque année les surfaces traitées et les résultats obtenus ont toujours été de plus en plus favorables.

En 1908, les applications ont été faites avec l'appareil Lassailly et ont donné de bons résultats; les routes ainsi goudronnées se sont parfaitement comportées aussi bien en temps de pluie qu'en temps de sécheresse.

La même province a fait dernièrement des essais avec des empierrements cylindrés et dont les matériaux étaient liés avec du ciment de Portland.

La province de Bologne a commencé des essais en 1904 et les a poursuivis pendant les années suivantes en appliquant, en 1908, le système Lassailly : les résultats obtenus ont été excellents. Dans la province de Ravenne, à Lugo, ainsi que

nous l'avons déjà dit, les essais ont commencé en 1901, et ce n'est qu'après cette époque qu'ils se sont propagés si rapidement à l'étranger.

Dans cette province, berceau du goudronnage, les essais continuèrent jusqu'en 1907 avec les appareils Rimini et en 1908, avec le système Lassailly.

Des essais moins importants ont été faits dans les provinces de Padoue et de Rovigo.

Des essais sur une grande surface ont été faits par la ville de Milan, d'autres moins importants, par celles de Gênes, Naples, Turin. Palerme, Vérone, Trévise, Spezia, Sassari, Modène, San Remo, Brescia (pour les circuits d'automobiles), et Bologne, etc.

Le prix moyen de ces applications varie entre un minimum de 0 fr. 10 par mètre carré à Turin et Rovigo et un maximum de 0 fr. 20, à Padoue; à Milan, le prix variait entre 0 fr. 168 et 0 fr. 195.

L'opinion des techniciens est généralement favorable malgré les réserves faites au sujet des dépenses.

Chaussées élastiques.

Pour les chaussées élastiques, on a procédé, en 1906, à un essai ordonné par la municipalité de Bologne. Le revêtement se composait d'une couche de cailloux de 0 m. 08 et un mélange, à chaud, de goudron et de poix liquides.

Ce revêtement a, durant deux hivers, donné des résultats satisfaisants, mais on a reconnu qu'il fallait augmenter l'épaisseur de la couche de revêtement et assurer une meilleure liaison entre ladite couche et la fondation ou le sous-sol de la route.

Un autre essai, également fait à Bologne, a donné de meilleurs résultats en employant du macadam goudronné pour trottoir.

Une application plus importante a été faite cette année à Milan pour le Corso Sempione. On a adopté le tarmacadam du système Aeberli, dont les concessionnaires, pour l'Italie, sont les Sociétés Ing. Gola et Conelli-Puricelli ,toutes deux de Milan.

Cette application a été faite avec les plus grands soins et

on a employé tout le matériel nécessaire pour l'exécution de ce système. Il en est résulté un revêtement dur mais élastique, imperméable, sans poussière et facile à nettoyer.

Un essai de tarmacadam a aussi été ordonné tout dernièrement à la même Société par la province de Milan.

Pour le moment, nous ne connaissons pas d'autres expériences de ce genre, mais on annonce des applications plus ou moins importantes à Turin, Naples, Como et dans d'autres villes.

Toutefois, de ce que l'on connaît actuellement, on peut conclure que ce procédé rencontre une grande faveur en Italie et que, par la suite, des applications plus importantes en seront faites principalement dans les villes qui ont encore beaucoup de rues sans pavage régulier et pour lesquelles le simple macadam est moins favorable et où la substitution immédiate d'un autre système de pavage serait trop coûteuse; dans ce cas, l'adoption du tarmacadam est une solution très favorable.

Il résulte de ce que nous venons d'exposer que si, en Italie, on n'a pas encore pu appliquer assez largement les décisions du Congrès de Paris sur ce sujet, cela ne veut pas dire que le monde technique ne leur ait pas reconnu suffisamment d'importance, mais qu'au contraire, chaque fois qu'une occasion s'est présentée, on a procédé à des essais qui, dans l'avenir, tendront certainement à se généraliser.

Emploi des liants dans la constitution des chaussées empierrées.

Au douzième Congrès des ingénieurs et architectes italiens qui, ainsi que nous l'avons dit plus haut, a eu lieu en octobre 1909, figurait aussi la question suivante : « Les matières d'agrégation dans les chaussées empierrées, leur emploi dans l'exécution et l'entretien de la chaussée et l'examen spécial des moyens propres à éviter la formation de la poussière ». Un rapport fut présenté par M. l'ingénieur Brunellesco-Tempestini, chef du bureau technique provincial de Florence et par M. l'ingénieur Luigi Frusali, chef de la section de Prato, dans la même province.

Ce rapport est une savante monographie de la question; tous les matériaux d'agrégation y sont passés en revue : matériaux ordinaires, matériaux liés par des ciments, matériaux bitumineux ou hydrocarburés, les émulsions, les huiles, le goudron et enfin les différents types de tarmacadam au goudron, les pavés bitumineux et les asphaltes.

Nous en donnons les conclusions ainsi que le résultat des essais les plus importants, en y joignant les desiderata exprimés par le Congrès; mais, auparavant, nous nous arrêterons sur un point qui a, pour l'Italie, une importance toute spéciale.

Dans beaucoup de pays, en vue des grandes applications du goudron superficiel et du tarmacadam, on a déjà songé à substituer quelque autre matière au goudron, celui-ci pouvant manquer.

En Amérique, par exemple, on a employé les roches bitumineuses en les utilisant comme matière d'agrégation avec les cailloux : les résultats ont été excellents.

Or, en Italie, où la production du goudron est limitée, il existe, au contraire, d'importants dépôts de calcaires bitumineux, par exemple à Raguse, en Sicile, dans les Abruzzes et dans la province de Rome.

Ces calcaires fournissent l'asphalte pour les routes urbaines de l'Italie et de l'étranger, mais les produits plus pauvres en asphalte pourraient être utilisés comme matières d'agrégation pour les empierrements.

Le Congrès de Florence a donc pris la décision suivante : « Pour des raisons d'hygiène, on doit éviter et prévenir la production de la poussière sur les routes où la circulation des automobiles est fréquente et sur celles qui sont entourées de maisons; les opérations effectuées pour prévenir et éviter la poussière peuvent, en outre, réduire les frais d'entretien et, en conséquence, le Congrès exprime les vœux suivants :

« 1° Que l'on emploie le traitement superficiel (arrosage ou goudronnage), là où des raisons techniques ou hygiéniques l'exigent, en ayant soin que ces applications soient faites sur une chaussée bonne et compacte.

« 2° Que les administrations des routes favorisent les expériences et les études relatives aux empierrements exécutés avec une matière d'agrégation telle que le goudron, les roches asphaltiques italiennes ou tous autres matériaux.

« 3° Qu'au prochain Congrès, il soit présenté des échantillons et des communications relatives aux essais entrepris. »

Rails et bandes de roulement pour la circulation.

Pour les routes situées hors des villes, il n'est pas à notre connaissance qu'on ait songé à créer des bandes de roulement, d'autant plus que les routes pavées sont peu nombreuses et sont limitées à quelques routes du Midi.

Sur les ponts, on trouve quelquefois des bandes de pierres simples ou doubles, mais généralement, ces bandes n'ont guère donné de bons résultats et l'on cherche à les supprimer.

Nous croyons cependant intéressant de citer un cas de construction de rails sur route.

A Casale Monferrato, centre important pour les ciments et les chaux, on a eu, depuis plusieurs années, à constater l'état déplorable des routes dont l'usure est due à un énorme trafic.

L'année dernière on décida, d'accord avec la Direction des chemins de fer, la construction d'une voie ferrée reliant tous les établissements industriels à une gare de transbordement construite tout spécialement.

Cette voie est établie, en grande partie, sur les routes ordinaires, et la partie la plus lourde du trafic est ainsi transportée par des wagons qui circulent sur des rails et sont remorqués par des locomotives ou tous autres moyens.

En ce qui concerne la protection de zones spéciales sur les routes, on a reconnu la nécessité de protéger particulièrement les virages qui sont les plus exposés à être endommagés, principalement sur les routes où circulent beaucoup d'automobiles.

Sur quelques routes de la province de Turin, on fait actuellement des essais de différents systèmes en vue de la préparation des virages, afin de pouvoir choisir ensuite la méthode qui aura donné les meilleurs résultats.

Conclusions.

Le caractère de ce rapport et la diversité des sujets que nous y avons traités ne nous permettent pas de formuler des conclusions.

Insister sur la nécessité de l'adoption des nouveaux systèmes d'entretien et de leurs avantages est chose superflue, après tout ce que l'on a écrit et discuté sur la question et toutes les délibérations prises.

Ce qui est absolument nécessaire, c'est de connaître les résultats pratiques des différents moyens essayés, afin d'être mieux renseigné au point de vue technique et économique.

Notre but était de démontrer que si, en Italie, on n'a pas encore pu réaliser tout ce que la viabilité moderne peut demander de ce chef, l'élément technique s'est quand même préoccupé de la question en l'étudiant avec ardeur et en en suivant les progrès; cet élément technique s'est fait, par une propagande des plus actives, le vulgarisateur des décisions du Congrès de Paris et il apporte au deuxième Congrès le résultat de ce que l'on a pu faire, comme début d'une action qui, dans l'avenir sera des plus utiles.

Turin, Décembre 1909.

Massimo TEDESCHI et Cesare CORAZZA

65594. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
1. Question

CHAUSSÉES EMPIERRÉES & PAVÉES

Emploi de liants dans la constitution des Chaussées empierrées
Emploi de bandes de roulement dans les Chaussées pavées
Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière

RAPPORT

PAR

PAUL ETIER
Conseiller d'Etat
Chef du département des Travaux publics du Canton de Vaud
Délégué de la Confédération Suisse

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

INTRODUCTION

La diminution du trafic routier résultant de l'établissement des chemins de fer, avait conduit insensiblement à une réduction des dépenses de construction et d'entretien de notre réseau de routes.

Ce réseau, en dehors des villes, ne comprend que des chaussées empierrées, ordinairement sur hérisson ou lit de rocaille, comme l'indique une planche annexe de quelques profils types.

Ce type de chaussée qui a suffi à nos besoins, qui correspond à nos ressources, est celui qui nous intéresse tout particulièrement, exclusivement pour ainsi dire.

D'ailleurs, les conditions et obligations créées depuis peu par la circulation des automobiles sont là, pressantes, et il faut, il importe d'y satisfaire au plus tôt, d'une façon convenable, sur certaines routes au moins.

L'amélioration, obtenue déjà sur une étendue appréciable, nous paraît avant tout, dépendre de l'entretien, qui doit être organisé dans ce but, avec des moyens d'action énergiques autant qu'économiques.

Les efforts faits jusqu'ici dans notre pays tendent surtout :

1° A rendre la chaussée résistante et roulante sur toute la largeur, accotements compris, et, le cas échéant, à augmenter cette largeur lorsqu'il y a intérêt à le faire et que cela n'offre pas de difficulté.

2° A la consolider à cet effet, notamment sur les bords, par des empierrements *ad hoc*, cylindrés avec soin.

3° A la goudronner, si possible, après le cylindrage, et ensuite chaque année, suivant les besoins, jusqu'au renouvellement de celui-ci.

Nous présentons dans ce qui suit un résumé aussi bref que possible de nos observations et de nos résultats d'expérience à cet égard.

CHAUSSÉES EMPIERRÉES

Constitution et amélioration.

Constitution ordinaire. — Dans notre canton, les routes ont une largeur de 5 à 8 mètres. Elles sont construites avec chaussées à accotements et avec fossés, selon le profil type annexé, qui indique pour la chaussée une épaisseur de gravier de 15 à 20 centimètres en deux couches sans autre empierrement.

Le bombement de 1/40 suppose les deux bords de la chaussée au même niveau dans les courbes comme dans les alignements.

Quant au macadam employé, c'est ordinairement une roche calcaire dans les régions de montagne, et ailleurs des cailloux de gravière (moraines) qui le fournissent.

Améliorations. — Elles portent sur différents points et tout spécialement, sur les matériaux pour rechargement employés, sur la modification et le rétablissement du profil et sur la liaison des matériaux.

Matériaux de rechargement. — Le choix et l'emploi de gravier homogène, dur, propre, régulier de forme et de grosseur est, on le sait, d'une importance capitale dans toute la question.

Il n'est pas nécessaire de répéter quelle attention et quelles exigences il faut mettre à l'approvisionnement rationnel des matériaux. Pas de succès réel autrement! D'ailleurs, cette bonne qualité obligatoire s'impose d'autant plus et mieux que la liaison des matériaux rechargés, au lieu d'être laissée aux soins de la circulation et du temps, est l'affaire toujours plus exclusive du rouleau compresseur qui accomplit sa tâche sans coûter davantage et sans émietter le gravier de choix.

Aussi, imitant ce qui se fait ailleurs, n'avons-nous pas reculé

devant des transports à des distances relativement grandes, pour avoir des matériaux de bonne qualité.

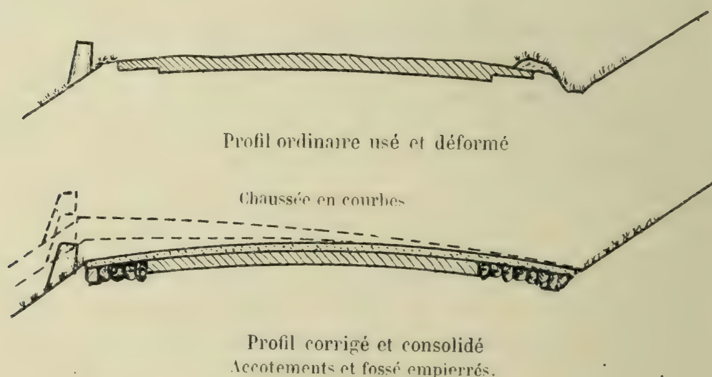
Le gravier, obtenu avec certaines roches de grès calcaire des Alpes, cassé à la grosseur de 4 à 5 centimètres, nous donne les chaussées les plus unies et les plus durables.

Les cailloux cassés des gravières et des rivières ayant des faces arrondies et des duretés différentes ne doivent pas dépasser la grosseur de 3 à 4 centimètres, pour éviter que la chaussée cylindrée ne devienne cahoteuse au bout de quelque temps.

La qualité des divers graviers de roche brisée peut être appréciée pratiquement, lors du cylindrage, par le nombre de passages du rouleau nécessaires pour obtenir la liaison complète, c'est-à-dire l'immobilité des grains. La comparaison de ces matériaux étant établie dans les mêmes conditions apparentes, on en déduit à peu près leur valeur relative, assez bien du reste, confirmée par l'expérience. Notre première qualité correspond à 100 passages au moins, la deuxième à 50 environ; la troisième, qui est insuffisante, à 20 et moins.

Rétablissement du profil. — Il s'agit :

1o De consolider la chaussée sur toute sa largeur, en y mettant le gravier nécessaire et en cylindrant.



Profil ordinaire usé et déformé

Profil corrigé et consolidé
Accotements et fossé empierrés.

2o De supprimer les accotements ordinaires, partie faible, en y plaçant, si besoin est, un lit de grosses pierres arrangées ou non à la main, pour constituer une bordure en hérisson.

3o Eventuellement, de supprimer les fossés, en les comblant de grosses pierres faisant fonction d'assainissement, et rélargir, de ce fait, la voie carrossable.

4o De donner à la chaussée le bombement prescrit (le rapport de la flèche à la demi-corde de l'arc étant de 1/20, soit 5 p. 100), de manière qu'en alignement les deux bords soient de niveau, et que dans les courbes, le bord extérieur soit relevé suffisamment (jusqu'à une hauteur double de la flèche).

On passe donc du profil ordinaire usé ou déformé au profil consolidé et corrigé, comme l'indique le croquis ci-contre.

Le bombement correct, chose importante, est obtenu au moment du cylindrage à l'aide d'un « gabarit spécial de bombement », instrument gradué, robuste comme outil de chantier et, cependant, très sensible.

Chaque équipe de cylindrage, dans notre canton, est munie de cet outil, qui lui sert en même temps de niveau de pente (voir figure page 11).

Liaison du macadam. Cylindrage. — Le principe de faciliter et de renforcer la liaison des matériaux de rechargement, au moment du cylindrage, par l'emploi de liants spéciaux, chaux et ciments, etc., n'a pas encore été appliqué, que nous sachions, à la consolidation des routes de notre pays.

Il faut en voir la cause dans le fait que l'utilité n'en est pas démontrée, au moins en dehors des villes, et que nous avons à faire face, en attendant, à suffisamment de besoins plus pressants.

Mentionnons, toutefois, à titre spécial, le liant au goudron, qui est la base du macadam Aeberli, dont il a été fait dernièrement plusieurs essais dans les villes.

Nous reconnaissons volontiers, d'ailleurs, que l'idée d'introduire des liants dans la constitution de la chaussée peut avoir quelque chose de séduisant au premier abord, et peut-être même d'avantageux, le cas échéant; mais, pour les raisons indiquées, nous sommes et restons obligés de nous en tenir au seul cylindrage comme moyen de liaison efficace.

La liaison obtenue au moyen du rouleau est suffisante, à *condition de serrer à fond le macadam* (sans le moudre), quand cela est possible.

Cette condition, qui revient à ne pas laisser à la circulation le soin de compléter l'œuvre du compresseur, est importante

à observer, et nous la considérons comme une règle fondamentale du cylindrage.

La nécessité d'avoir recours au rouleau pour l'amélioration de nos routes et les résultats toujours plus concluants dans ce sens, étant reconnus indiscutables, nous croyons utile de signaler, en passant, quelques remarques au sujet du cylindrage.

1° L'administration qui organise et entreprend elle-même ce service avec un bon personnel et les meilleures machines, peut compter arriver aux meilleurs résultats, toutes choses considérées.

2° Le rouleau qui convient le mieux dans la plupart des cas, pour nos routes, est celui de 12-13 tonnes. Il n'est pas indiqué de descendre au-dessous de 10 tonnes ni de dépasser 16 tonnes.

La machine Compound, avec différentiel, est celle qui paraît rendre les meilleurs services.

3° Le cylindrage sur des pentes dépassant 10 p. 100 est à éviter, les rouleaux usuels n'étant pas construits dans ce but et manquant de freins suffisamment puissants et rapides.

4° L'expérience a démontré qu'à défaut de piquage ou piochage préalable de la chaussée à cylindrer, la couche de gravier ne se lie ordinairement pas à celle-ci, malgré le cylindrage et l'arrosage, mais ne fait que plaquer plus ou moins fortement. Il en résulte que la formation des flaches est suivie de près par des désagrégations partielles qui s'étendent assez vite, et font réapparaître l'ancienne chaussée.

5° Il importe à cause de cela, et pour d'autres raisons, d'arriver au bombement correct, lors du cylindrage, sans ressemelages par adjonctions plus ou moins tardives de gravier, car celui-ci, faute de place, ne s'incorpore qu'en se brisant et en émiettant celui qui est dessous.

6° Lorsqu'une ligne de tramways suit le bord de la route, le cylindrage sur la voie doit précéder celui de la chaussée proprement dite, attendu que la zone occupée par la voie a un profil distinct de celui de la chaussée, et que la cônicité des roues motrices du rouleau l'exige.

Entretien du cylindrage. — Le premier cylindrage comporte généralement une dépense de matériaux relativement importante, à cause de la consolidation et de la correction du profil de la chaussée, selon ce qui a été exposé précédemment.

Mais après cette opération, les cylindrages successifs d'en-

tretien, qui arrivent à des intervalles plus ou moins longs, peuvent être faits avec un approvisionnement de gravier très réduit.

Notre méthode consiste alors :

1° A défoncer, c'est-à-dire à labourer la surface à renouveler, autrement dit le milieu de la chaussée sur la largeur nécessaire, la moitié ou un peu plus de la largeur totale.

2° A ajouter aux matériaux ainsi récupérés, criblés et réappliqués, la petite quantité de gravier nécessaire pour parfaire ce qui manque.

3° A cylindrer ensuite, en utilisant les petits matériaux et déchets du labourage comme gros sable, pour l'aplanissement définitif de la surface et, s'il y a lieu, pour d'autres travaux.

Le piochage préalable — une sorte de labourage avec une machine *ad hoc* — serait impraticable et d'un coût presque inabordable, s'il devait être fait à la main. On ne trouve plus, pour ainsi dire, surtout à certaines saisons, d'ouvriers qui consentent et sont capables de le faire.

Le travail de la piocheuse qui supprime un labeur fatiguant et énervant pour les hommes, intervient donc ici, dans l'entretien, avec une importance et des avantages considérables, puisqu'il remplace celui de cent à cent cinquante ouvriers.

Le but de ce piochage est :

1° De limiter au strict nécessaire l'approvisionnement du gravier lorsque la chaussée en contient assez, et d'empêcher que le niveau de celle-ci s'élève inutilement ou nuisiblement.

2° De rendre effective l'incorporation et l'adhérence du gravier nouveau à celui existant dans la chaussée.

3° D'augmenter la rapidité du cylindrage.

Cette augmentation, constatée à diverses reprises, est de 30 à 40 p. 100 supérieure à la surface moyenne journalière cylindrée sans piochage préalable.

Le volume pioché par jour de dix heures, en travail ordinaire, c'est-à-dire compris les arrêts de service et ceux nécessités par la mise en cordon des matériaux, atteint 250 mètres cubes environ.

On retire de cette masse, après criblage, 50 à 75 p. 100 de gravier réutilisable directement comme tel, le chiffre le plus élevé correspondant à la meilleure qualité, ce qui ne fait que confirmer ce que l'on sait de ses avantages.

Notre piocheuse, traînée par le rouleau, fait un sillon moyen de 10 centimètres de profondeur, 20 centimètres de largeur et de la longueur du chantier, quand celui-ci n'excède pas 1 kilomètre et qu'il n'y a pas d'inconvénients (pour la surveillance du chantier ou pour la circulation).

La longueur du sillon est moindre, 100 à 200 mètres, quand la traction est faite par des chevaux (4 à 5).

Un tableau annexe contient les résultats du piochage mécanique, effectué en 1909, sur un certain nombre de routes du canton de Vaud.

Dépenses d'amélioration et d'entretien

Amélioration.

Coût par kilomètre. — Dans les conditions que nous avons indiquées précédemment, et qui montrent ce qu'il est nécessaire de faire au minimum et en premier lieu pour répondre aux besoins dont il s'agit, la dépense première de mise en état d'une route (consolidation et correction du profil) est assez importante à cause de la quantité de matériaux que l'on est forcé d'employer. Il est vrai, d'autre part, qu'il y a là, en quelque mesure, dépense anticipée seulement, puisque l'emploi fait d'une seule fois n'est, au fond, pas supérieur à la somme de ceux qu'il faudrait faire chaque année pour entretenir la route pendant le même temps.

La consommation de gravier varie ainsi de 2/3 de mètre cube par mètre courant pour la route de 5 mètres, à 1 mètre cube par mètre courant pour celle de 7 mètres, non compris la rocaille pour l'empierrement éventuel des accotements, pour les élargissements partiels, etc.

Au prix moyen de 9 francs le mètre cube (environ 6 francs pour la pierre et 3 francs pour le transport) rendu sur la route, et en comptant 1 fr. 50 (route de 5 mètres) à 2 fr. 50 (route de 7 mètres) par mètre courant pour application et cylindrage, la mise en état nous coûte en moyenne, par kilomètre :

7500	francs pour la chaussée	de 5	mètres
9500	—	6	—
11500	—	7	—

Comme la saison de cylindrage ne peut durer plus de neuf mois par année, et qu'une machine ne peut aménager, pendant cette période, plus de 12 km. 5 de route et même 10 kilomètres seulement à la largeur de 5 mètres, lorsque les conditions ne sont pas faciles (terrain détrempé, etc.), la dépense annuelle par machine en service n'excède pas chez nous $10 \times 7\,500 = 75\,000$ francs, toutes choses comprises.

Avec nos quatre machines, nous avons, d'après le budget :

1. Préparation et achat de matériaux . . .	130.000	francs
2. Transport des matériaux, environ . . .	70.000	—
3. Emploi des rouleaux	90.000	—
Total .	290.000	—

pour vérification $\frac{290\,000}{4} = 72\,500$ francs par machine, ce qui correspond bien aux données qui précèdent.

Entretien.

Coût par kilomètre. — Il est entendu qu'une chaussée remise en bon état par le cylindrage devra ensuite être entretenue par le même moyen, après un certain temps déterminé, par l'importance de l'usure, notamment des flaches et autres déformations du profil.

Cette limite est d'environ cinq à six ans pour la moyenne de nos routes cylindrées. Il s'agit donc, au bout de cette période, de rétablir l'uni de la chaussée avec un minimum de dépenses, et il importe que ce minimum soit tel que le coût annuel par kilomètre soit égal, et si possible inférieur, à celui de l'entretien ordinaire sans cylindrage.

Et pour atteindre ce but, il faut nécessairement avoir recours au piochage mécanique, récupérateur de matériaux, préparateur et accélérateur de cylindrage.

Dans cet ordre d'idées, l'expérience nous a montré que l'entretien des routes cylindrées, en dehors des villes, revient assez exactement à ce qu'indique le tableau ci-après comme

mouvement des matériaux et prix par kilomètre pour la route de 6 mètres (largeur moyenne).

TABLEAU :

1. — Matériaux piochés 300 m^3, avec foisonnement 400 m^3, mis en cordon et criblé à 1 fr. 50 le m^3.
2. — Usure en 5 ans 100 m^3 avec foisonnement . . 130 m^3
Total des matériaux enlevés . . . . . 530 m^3

qui sont remplacés comme suit :

1. — gravier récupéré 70 0/0 env.	280 m^3	à 1 fr. 50 le m^3,	soit :	420 fr.
2. — — approvisionné	200 —	9 fr.	—	1800 —
3. — menu gravier et sable	50 —	1 fr. 50	—	75 —
	soit 530 m^3	appliqués et cylindrés p^r		1000 —

Ce qui fait ressortir le prix d'entretien du km., dans ces conditions, à . . . . 3295 fr.

pour une durée de cinq ans, non compris le salaire du cantonnier, les frais éventuels de brossage, etc.

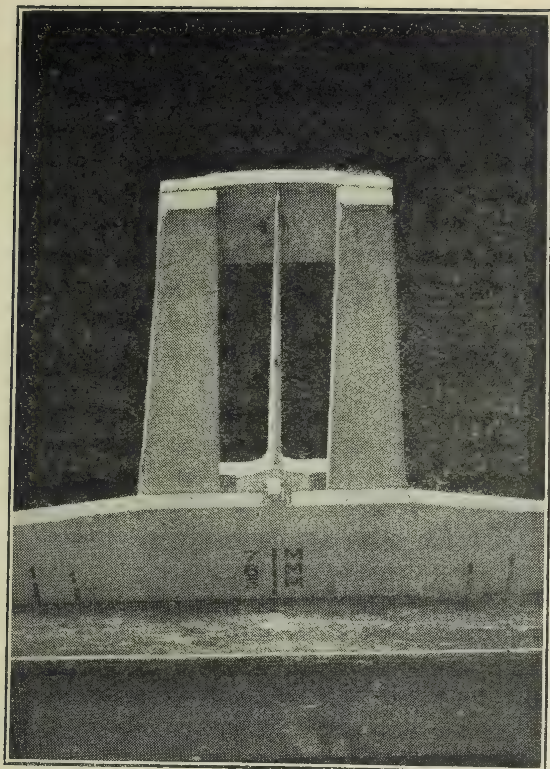
Le coût annuel du kilomètre est, par suite, de 660 francs. D'après le tableau ci-dessus, il reste un solde de 70 mètres cubes de menu gravier et sable (valant au moins 3 francs le mètre cube), qui serait mis en dépôt s'il n'est pas utilisable immédiatement. La valeur de ce solde peut, d'ailleurs, représenter les frais de l'arrosage mécanique pendant cinq ans.

Nous pourrions citer, à titre d'exemple, parmi ceux rentrant dans le cadre des données relatives qui précèdent, le cas d'un tronçon de la route Lausanne-Saint-Maurice, rière Villeneuve qui, cylindré récemment pour la deuxième fois (la première en 1902), nous a coûté 2 600 francs le kilomètre, soit 520 francs annuellement, pour une durée supposée de cinq ans.

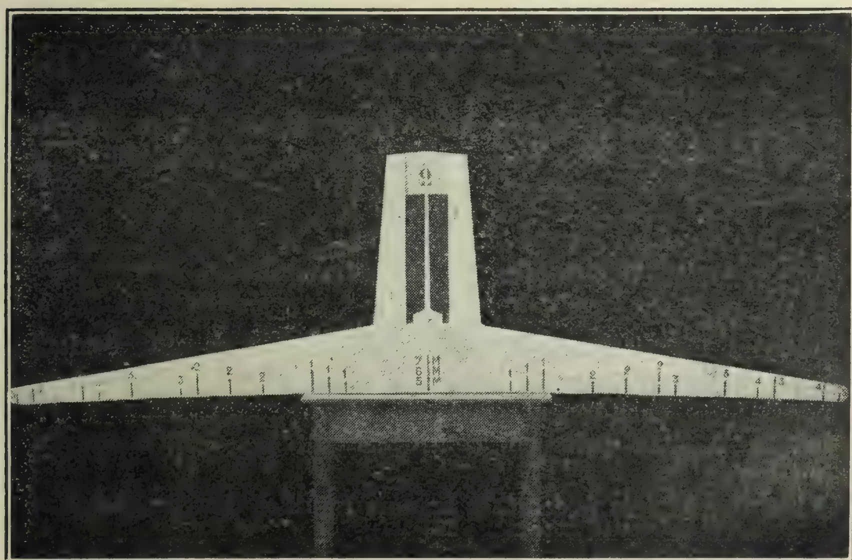
Il est clair que si la mise en état de la chaussée n'a pu être obtenue d'une manière satisfaisante par le premier cylindrage, on peut y arriver au deuxième. Celui-ci coûtera alors autant que le premier. La suite, comme entretien, est celle que nous venons d'exposer.

Il va sans dire qu'aux abords des villes, le coût annuel du kilomètre peut facilement atteindre le double ou le triple du chiffre moyen donné plus haut (Saint-Gall indique 1 291 francs le kilomètre pour les routes en ville).

A Lausanne, une route, à son entrée en ville, nous coûte



Gabarit de bombement.



Gabarit de bombement.

annuellement 4 000 francs au moins le kilomètre. Rétrécie par une voie de tramways (le cylindrage y tient deux ans à peine), elle supporte un trafic d'environ 400 000 tonnes. Rapportée à ce trafic, la dépense d'entretien est donc d'environ 1 centime par tonne transportée sur ce kilomètre.

Mais il faut conclure. Le tableau ci-dessus, établi pour la route de 6 mètres de largeur, d'après nos résultats d'expérience, pourrait facilement être complété et étendu à d'autres largeurs, etc.

Nous n'en déduirions que mieux ce que nous avons constaté, confirmant, d'ailleurs, les prévisions, c'est-à-dire qu'après la mise en état d'une chaussée, l'entretien par cylindrage, moyennant piochage mécanique bien entendu :

Ne coûtera, en général, que le tiers de la somme dépensée pour cette mise en état par le premier cylindrage;

Réduira au minimum la dépense de matériaux, dont les prix vont en augmentant, et n'élèvera pas, par la suite, les charges de l'Etat.

D'ailleurs, le cylindrage, quelque obligatoire qu'il soit pour certaines artères que l'entretien ordinaire ne pourrait maîtriser et qui deviendraient presque impraticables à certaines époques, n'atteindra chez nous, comme partout, qu'un nombre relativement restreint de routes, celles seulement qu'il importe d'améliorer pour satisfaire aux besoins de la circulation.

D'autre part, les services considérables qu'il rend poussent de plus en plus à en demander l'extension.

Mais on ne peut y aller qu'à la vitesse réduite ou réglée par le budget.

Quoi qu'il en soit, le cylindrage des chaussées est un progrès vers le but que l'on cherche à atteindre : la diminution de l'usure et de la poussière.

Goudronnage des chaussées.

Parmi les moyens imaginés pour lutter plus efficacement contre la poussière, le goudronnage seul a été essayé dans notre pays et a fourni quelques résultats appréciables, de nature à être pris en considération dans l'entretien des chaussées.

Les ingrédients préconisés comme liquides d'arrosage à bon



Piocheuse en travail à Yverdon, rue Neuchâtel, au mois de mars 1908.

marché n'eurent qu'un succès de curiosité. Car ce n'est pas à fixer momentanément la poussière qu'il faut s'arrêter, mais, on le sait, à prévenir sa formation, soit à la surface au moins, soit dans le corps même de la chaussée. Pour le moment, le goudronnage superficiel à chaud est le seul, à cause de la dépense, qui puisse prétendre à une extension opportune sur les routes en dehors des villes. Il faut dire qu'aux abords de celles-ci, où la circulation est intense, resserrée sur une largeur de chaussée souvent trop faible, le goudronnage qui serait là le plus utile, ne tient pas, ce qui n'est pas surprenant d'ailleurs, quand la chaussée elle-même a de la peine à résister.

Par contre, ailleurs, où la circulation n'est pas lourde, il a rendu et peut rendre des services inestimables contre l'insupportable poussière.

On ne goudronne, en principe, que les routes préalablement mises en état par le cylindrage, et il est avantageux que les deux opérations se suivent, si la saison le permet. Mais ce n'est pas toujours possible, et, du reste, d'autres inconvénients, le mauvais temps, les embarras de la circulation, les interruptions de travail, les brossages répétés, nuisent plus ou moins à la qualité du travail et en augmentent le prix.

Nous estimons à 1 000 francs le coût par kilomètre, en dehors de ville, du premier goudronnage d'une route de 6 mètres, et à 300 francs, le coût annuel des suivants, défalcation faite d'une diminution des frais de brossage.

Pour qu'un tel surcroît de frais d'entretien ne soit pas lourd à supporter, il faudrait que la durée du cylindrage soit notablement augmentée par le goudronnage, doublée même.

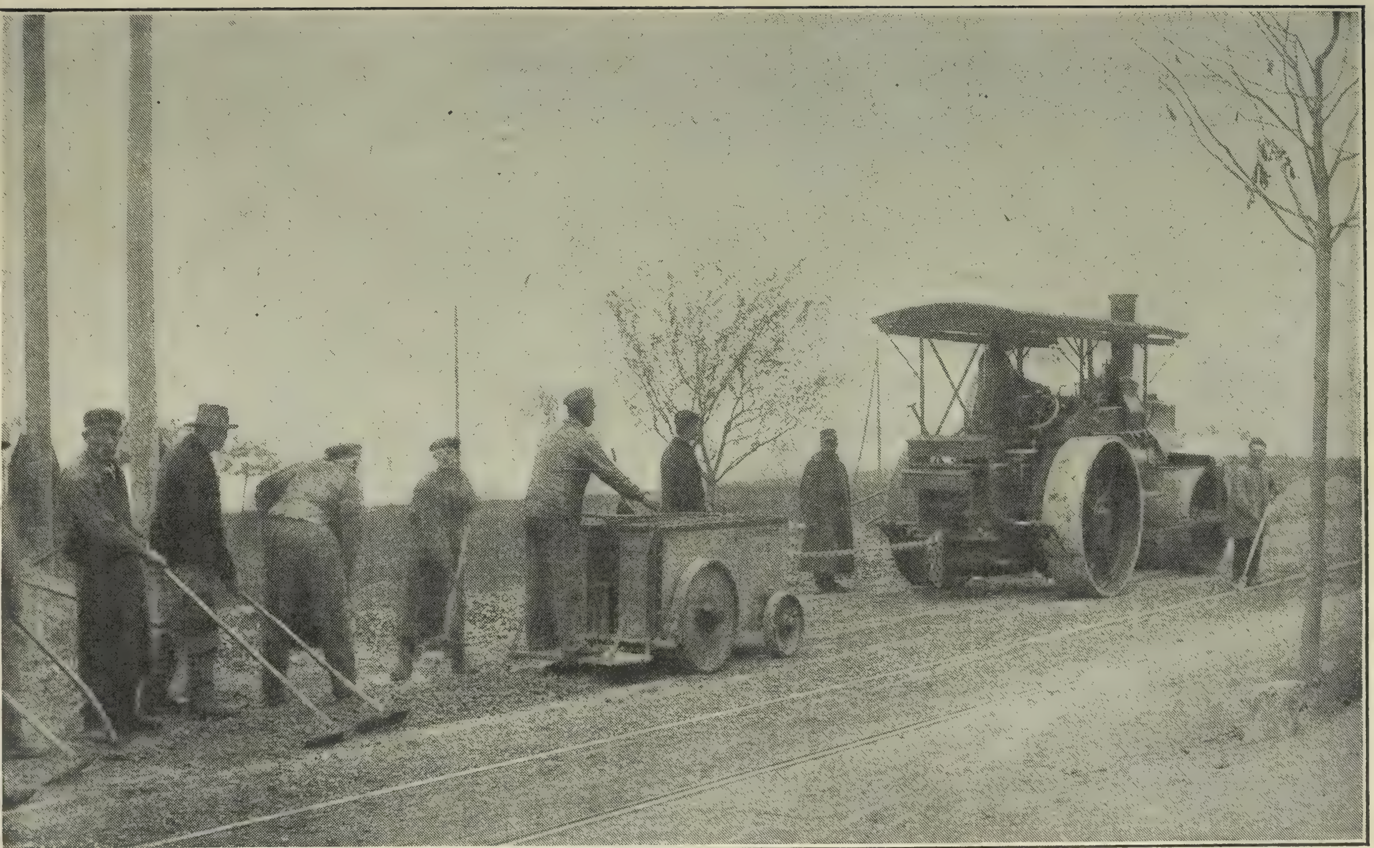
En ne considérant que la durée relative, et en reprenant les chiffres indiqués précédemment, soit 3 300 francs pour cinq ans, cette durée X résulte de la proportion :

$$\frac{4300 + 300\ X}{X} = \frac{3300}{5}$$

qui donne $X = 12$ ans.

Mais on ne saurait y compter, attendu que le goudronnage ne peut empêcher les dislocations internes de la chaussée par le roulage ou d'autres causes.

Et comme on ne diminue l'usure et la poussière qu'en rendant la chaussée plus ou moins glissante, à certaines époques



Piocheuse en travail sur la route Lausanne-Berne, novembre 1908.

surtout (l'un ne va pas sans l'autre), ce qui diminue l'effort de traction des bêtes de trait, on comprend qu'aux abords des villes notamment, et où il y a des pentes dépassant 5 p. 100, on hésite à goudronner à grands frais certaines chaussées, pour ne satisfaire finalement qu'une partie des intérêts en présence. D'ailleurs, pour les chaussées vouées à la fatigue, embarrassées par des voies de tramways, fouillées et remuées pour la pose et l'entretien de toutes sortes de canalisations, il faut renoncer presque complètement à l'idée ou à l'espoir d'une amélioration appréciable par le goudronnage.

Le pavage, indiqué dans ces conditions, ne satisferait du reste guère mieux, malgré son coût, aux obligations imposées.

Pour ces raisons, en considérant, outre l'intérêt général, celui plus spécial des propriétaires riverains d'une route que la poussière incommode, la question s'est posée et se pose encore de savoir si, et dans quelle mesure, il convient de faire participer ces particuliers aux dépenses de goudronnage, dont ils retirent directement le bénéfice.

Cette question, quelque prématurée ou secondaire qu'elle soit à différents égards, a cependant une importance assez considérable, financièrement parlant.

Force a été, du reste, de s'en occuper au moment où, de divers côtés, on réclamait, sans autres considérations, des applications immédiates de goudron.

Les expériences faites dans notre canton et en Suisse, en général, nous portent à conclure qu'il est nécessaire, pour aller de l'avant, de continuer à exiger la participation des intéressés et à s'assurer aussi celle des communes territoriales dans une mesure à fixer, l'Etat faisant la moitié des frais pour les routes dont il a charge d'entretien.

Dans le canton de Saint-Gall, le goudronnage est à la charge des communes, de même que l'arrosage.

A Zurich, on estime que l'arrosage ne rentre pas dans les obligations de l'Etat et on n'a pas fait grand chose contre la poussière.

L'automobilisme qui a engendré la question du goudronnage, a eu aussi l'inspiration des bandes de roulement. Nous ne pouvons pas en parler ici sans sortir du cadre de notre tâche, puisqu'il s'agit de leur emploi dans les chaussées pavées, et que nos voies routières, en dehors des villes, sont macadamisées, comme nous l'avons dit au début.

Si la largeur de nos routes et même des circonstances spéciales permettaient de songer à ces bandes, il faudrait en abandonner l'idée à la simple considération de ce que valent pour une chaussée les voies ferrées qui y sont implantées. Nous savons aussi que ces bandes de roulement, essayées hors de chez nous, ont conduit à des résultats déplorables.

Progrès dans la lutte contre l'usure et la poussière.

Il n'y a guère plus de dix ans que le cylindrage des chaussées a commencé dans notre pays. Actuellement, environ trente rouleaux à vapeur y sont occupés toute l'année. Les cantons qui en possèdent tendent à en augmenter le nombre, et ceux qui n'en ont pas en louent, en attendant d'en acquérir et d'organiser leur emploi.

Quant au nombre de routes déjà cylindrées et à leur étendue, ce n'est encore que peu de chose par rapport à l'étendue du réseau ou à ce qu'il conviendrait de faire au minimum.

Nous estimons à 180 kilomètres la longueur totale cylindrée pour le canton de Vaud.

En déduisant de ce chiffre les parcours cylindrés plus d'une fois, dont l'ensemble peut atteindre 50 kilomètres environ, la longueur réelle des tronçons cylindrés atteint 130 kilomètres, soit 6 p. 100 environ de l'étendue de notre réseau routier.

En calculant que l'entretien de 100 à 130 kilomètres cylindrés accapare une machine et que l'avancement annuel proprement dit n'est, par machine, que de 0,5 p. 100 de l'étendue de ce réseau (2 100 kilomètres) (Zurich donne le même chiffre pour son réseau, qui est de même étendue que le nôtre, 2 300 kilomètres), il est facile d'en déduire le nombre de rouleaux et d'années nécessaires pour atteindre le but qu'on se propose, soit 20 p. 100 environ de ce dernier chiffre.

Il va sans dire que l'on a amélioré par le cylindrage et par quelques goudronnages, ce qui pressait le plus, aux abords des grandes villes en particulier, et qu'il en est résulté ainsi une certaine aisance relative, beaucoup plus importante qu'elle n'apparaît, en réalité, par le nombre de kilomètres cylindrés.

Mais ce qui reste à faire est considérable, et il faudra du temps et de l'argent surtout, pour amener à l'amélioration

souhaitée. les principales routes du réseau Suisse parcourues par les automobiles.

Il est entendu que la difficulté toujours plus grande de se procurer de bons matériaux en quantité suffisante et à prix abordables est et restera la cause principale des retards et des sacrifices à admettre.

En ce qui concerne le goudronnage, il est difficile de dire quelle somme on y consacrera à l'avenir. On a fait peu de chose jusqu'à ce jour.

Dans le canton de Vaud, où cette opération est pratiquée sur les routes, à titre d'essai, depuis cinq ans, les résultats, sous réserve de ce qui a été dit au sujet de certaines routes, ont été généralement bons et de nature à nous engager à continuer.

Il a été dépensé pour cela environ 80 000 francs et le total des tronçons goudronnés le plus considérable (plus sur la route Lausanne-Genève près Nyon) et entretenus comme tels, s'élève actuellement à 30 kilomètres, chiffre rond.

D'autre part, puisqu'il faudra quelques sacrifices si l'on veut améliorer, comment faire accepter les lourdes dépenses nécessaires? Il faudra, sans doute, que l'automobilisme efface à l'avenir les causes de plaintes portées contre lui. Les dépenses consenties le seront plus volontiers et l'amélioration progressera comme ont progressé dans notre canton, par exemple, les sommes affectées à l'entretien des routes, ce qu'indique le tableau graphique annexé au présent rapport.

Conclusions.

Nous résumons ce que nous venons d'exposer dans les conclusions suivantes :

1° La chaussée macadamisée, améliorée, rendra les services qu'on attend d'elle à l'égard des nouveaux modes de locomotion, et restera chez nous, longtemps encore, la seule utilisée entre les localités.

2° La construction de nouvelles routes et éventuellement la reconstruction de quelques routes existantes doivent se faire autant que possible avec sous-chaussée empierrée (hérisson ou lit de rocaille), en donnant à la surface des terrassements le bombement de la chaussée et en supprimant les

accotements ordinaires et les fossés, partout où c'est possible, afin d'augmenter la largeur utile à la circulation.

3° Il est recommandé d'augmenter la longueur des chaussées existantes entretenues par cylindrage, dans les conditions indiquées, les plus en rapport avec les ressources disponibles et avec les besoins immédiats.

4° Le goudronnage des chaussées cylindrées nécessite, pour s'étendre en dehors des villes, une participation financière des communes et des propriétaires riverains intéressés à la diminution de la poussière.

Lausanne, Janvier 1910

Paul ETIER.

ANNEXE

Dans le rapport que nous présentons sur la première question de la sous-section A (chaussées, etc.), nous avons parlé de l'importance du piochage mécanique et de l'économie qu'il permet de réaliser dans l'entretien des chaussées cylindrées.

On sait qu'il existe divers types de piocheuses (une étude sur ce sujet a paru dans les *Annales des ponts et chaussées*, 1907, nº 47, M. Bret, ingénieur), qui diffèrent par leur construction, leur mode de traction et leur prix.

Comme le piochage s'étendra forcément à mesure que le nombre des tronçons cylindrés augmentera, on peut se demander quelle doit être la machine à adopter de préférence pour un réseau de routes. On conviendra sans peine qu'elle doit avoir, toutes choses considérées, certaines qualités spéciales de manœuvre : poids réduit pour transport ; emploi et entretien faciles, etc.

Ces conditions, sans vouloir faire une réclame spéciale, se trouvent remplies dans la machine que nous présentons et à laquelle nous avons fait allusion en traitant la première question. Cette machine, étudiée et combinée par notre service des ponts et chaussées, fut essayée pour la première fois, le 4 novembre 1907, avec plein succès. (L'inventeur est M. l'ingénieur Zorn, attaché au premier service de notre département.)

Elle figure, d'ailleurs, en deux ou trois photographies parmi les documents exposés par le canton de Vaud au premier Congrès de la route.

Sa description est simple : un chariot à quatre roues, formé de deux caissons parallèles reliés entre eux et séparés par un intervalle dans lequel est logé un porte-outil piocheur.

Ce porte-outil, actionné par une vis, peut être enlevé facilement pour l'examen et le remplacement des pointes piocheuses émoussées.

Les caissons sont destinés à recevoir sur place une charge de sable, terre ou gravier, pour obtenir le poids nécessaire au piochage.

Le poids de la machine, environ 1 200 kilogrammes, se trouve réduit, de ce fait, à ce qu'exige la construction ; il n'est que le tiers du poids total et de celui des autres piocheuses.

Cet avantage réduit son prix et rend son transport par route ou chemin de fer peu coûteux.

Les pointes piocheuses au nombre de deux, minimum nécessaire et suffisant, sont disposées de façon à réduire, autant que possible, l'effort de traction.

Le mécanisme de direction, agissant sur les roues d'avant comme dans les automobiles, peut être actionné simultanément par l'organe de traction et par le conducteur de la machine, ce qui permet à ce dernier, avec un peu d'habitude, de contourner, pendant le piochage, les obstacles qui peuvent se trouver dans la chaussée (regards de canalisations, etc.).

Le chariot est muni d'un frein à sabots sur les roues d'arrière. Ce frein sert, pendant le travail, à amortir les secousses dans la chaîne de traction, lorsque la résistance du piochage varie.

Le conducteur de la machine, monté sur un marchepied, manœuvre aisément les manivelles de commande de la direction, du porte-outil piocheur et du frein.

Pour inverser la marche, sur une route que l'on pioche, on tourne la piocheuse par une manœuvre en triangle de rebroussement, et si la place fait défaut, par simple pivotement à l'aide d'une plaque *ad hoc*, la machine étant alors soulevée légèrement à l'aide du porte-outil agissant comme vérin.

Ajoutons que la stabilité de cette piocheuse est complète pendant le travail et qu'à côté de sa simplicité, on remarque son aspect esthétique témoignant du souci que l'on a eu de ne rien laisser de disgracieux circuler sur la route.

Lausanne Janvier 1910.

Paul ETIER.

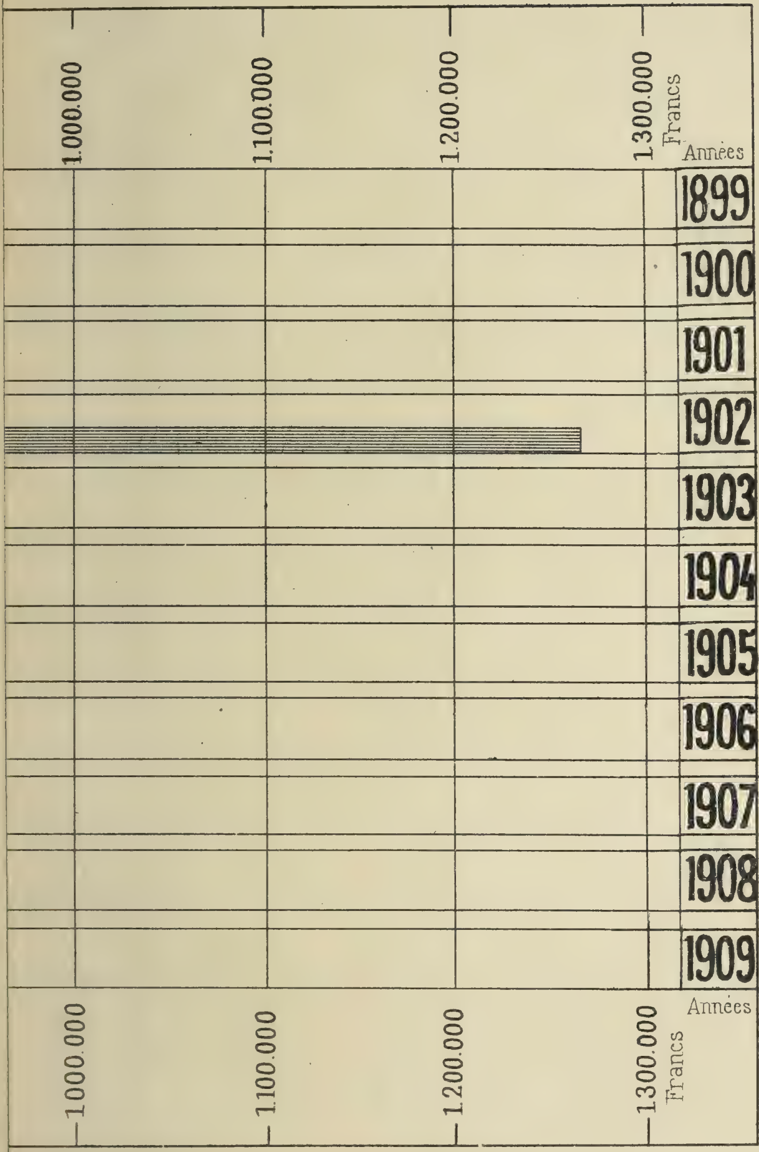
65597. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

SUISSE

Tableau relatif au piochage mécanique des routes en 1909 dans le Canton de Vaud.

Numéros des routes.	Désignation des tronçons piochés.	Dimensions.				Produit et durée du piochage.				Prix de revient du piochage.				Vitesse du cylindrage.		Observations.
		Longueur.	Route largeur.	Largeur piochée.	Surface.	Cube récupéré.	% de gravier.	Temps brut.	Temps net.	Total.	Frais de machine.	Criblage transport.	Par m³.	Cylindrage journalier.	Augmentation sur la moyenne de 350 m².	
		m.	m.	m.	m².	m³.	m³.	Heures.	Heures.	Frs	Frs	Frs	Frs	m².		
300	Cour.	660	6 —	3,80	2415	251	55 %	19	9	455	105	348	1.95	395	20 %	cylindré 1 fois
300	Bois de Vaux, . . .	340	6 —	5 —	1700	165	40 %	14	7	263	85	180	1.60	274	—	id.
304	Veytaux-Chill. . . .	800	5,60	2,80	2240	252	34 %	45	24	742	247	495	2.95	449	36 %	id.
76	Renens (gare). . .	127	5,60	3.65	467	45	50 %	5	5	91	24	67	2 »	357	2 %	cylindré 2 fois
1	Ecublens.	470	7 —	4.55	2152	204	40 %	15	15	362	82	280	1.70	343	4 %	id.
220	Payerne	480	10 —	4 —	1950	474	53 %	19	10	444	105	339	0.95	260	—	
1	Morges.	240	6,50	4.45	1068	95	70 %	10	7	245	55	190	2.60	197	—	
	Morges (rue). . . .	262	6 —	4 —	1050	101	60 %	10	8	182	55	127	1.80	350	6 %	
220	Faoug-Avenches.. .	520	6 —	3,70	1925	272	10 %	21	9	374	115	259	1.40	349	6 %	
148	Echallens.	2195	6 —	1.35	2951	126	90 %	24	12	371	132	259	2.95	284	—	non cylindré
245	Rovéréaz.	850	6,80	4 —	3400	408	75 %	24	20	839	140	699	2.05	605	85 %	cylindré 2 fois
304	Noville.	1148	5,15	2.90	3340	400	70 %	28	21	540	154	386	1.35	507	54 %	cylindré 1 fois
148	Jouxtens.	2012	5,05	3.13	6308	637	71 %	32	22	905	176	729	1.40	528	60 %	id.
220	Lucens (Comm.).. .	80	6 —	3 —	240	17	70 %	7	4	35	10	25	2.05	330	—	
93	Renens.	140	4,10	2.50	350	15	67 %	2	1	36	16	20	2.40	407	25 %	non cylindré
76	—	230	4,10	3 —	690	40	87 %	4	2	80	22	58	2 »	367	9 %	cylindré 2 fois
300	Paudex.	198	4,50	0,80	160	16	65 %	1	1	39	6	35	2.45	351	7 %	id.
	Totaux.	10752 m.			32566 m²	3496 m³		271 h.	171 h.	6001 fr.	1527 fr.	4474 fr.	1.70 fr. (Moyenne.)			

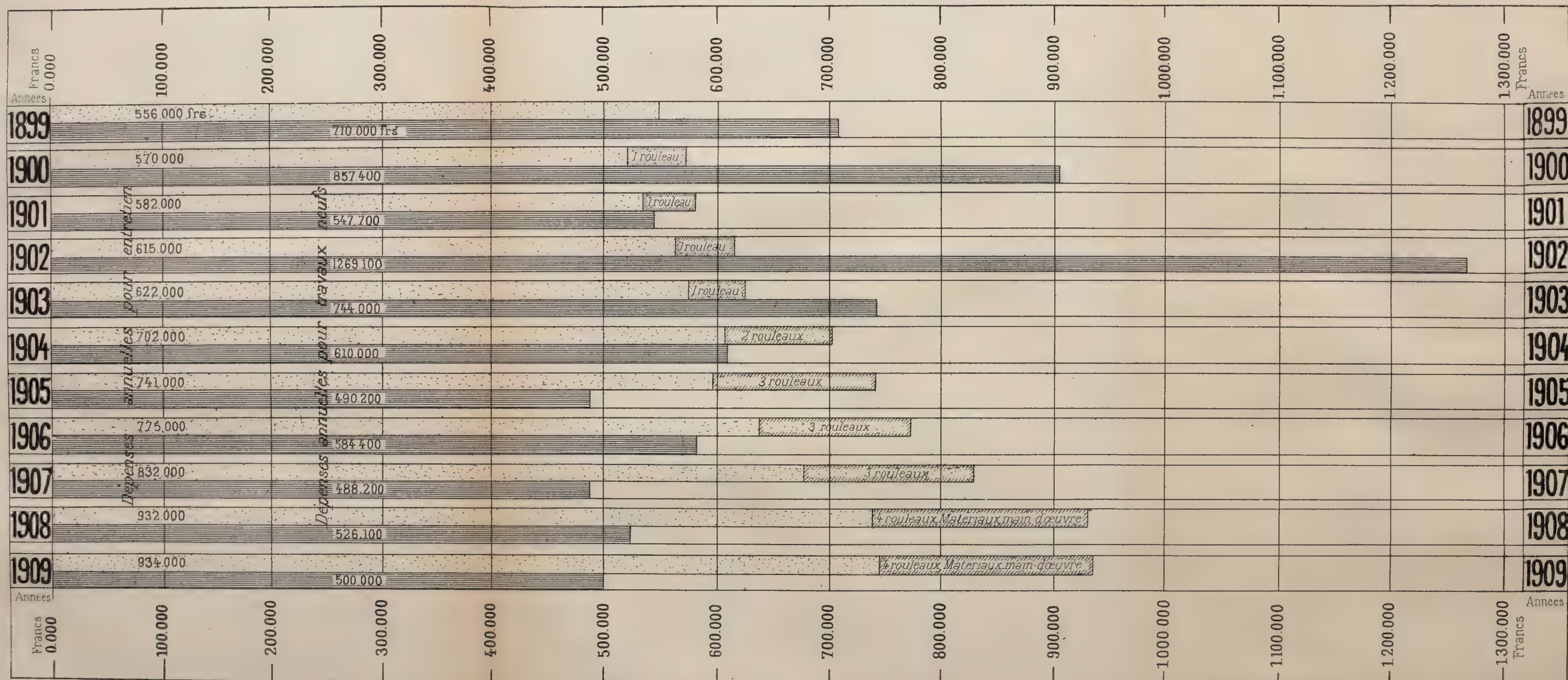
UX PUBLICS



Etier, 1er q.

SUISSE

GRAPHIQUE DES DÉPENSES DU DÉPARTEMENT DES TRAVAUX PUBLICS DU CANTON DE VAUD DÈS 1899



Etier, 1er q.

Canton de Z

3.00

2.70

bomb^t

Canton de S

00

2.70

bomb^t

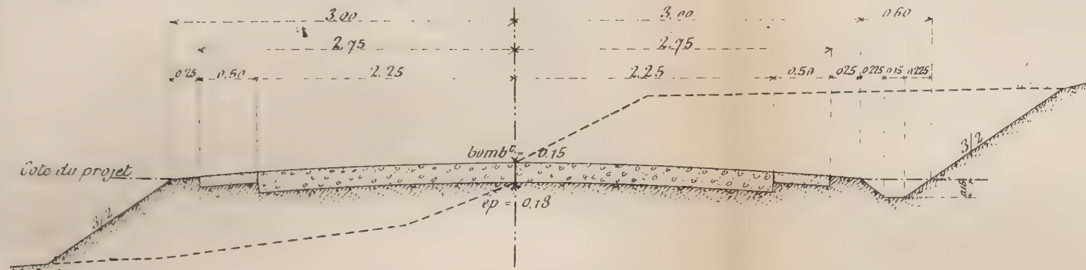
Epaisseur moyenne d

idem du

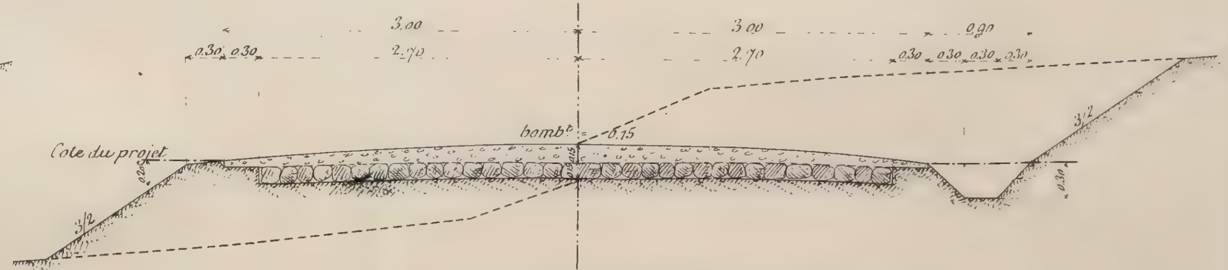
PROFILS-TYPES DE ROUTES SUISSES

Echelle : 1 50

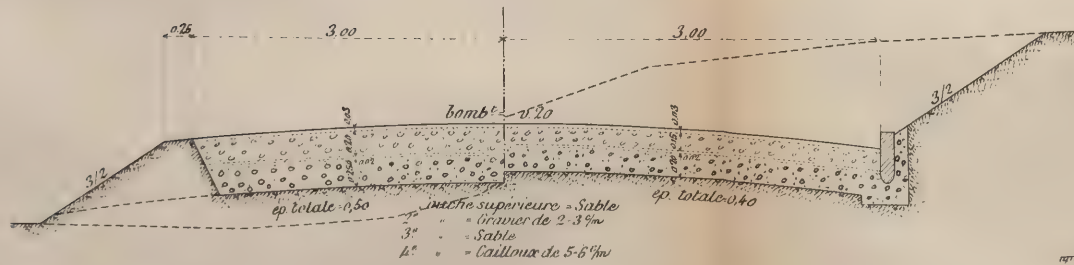
Canton de Vaud



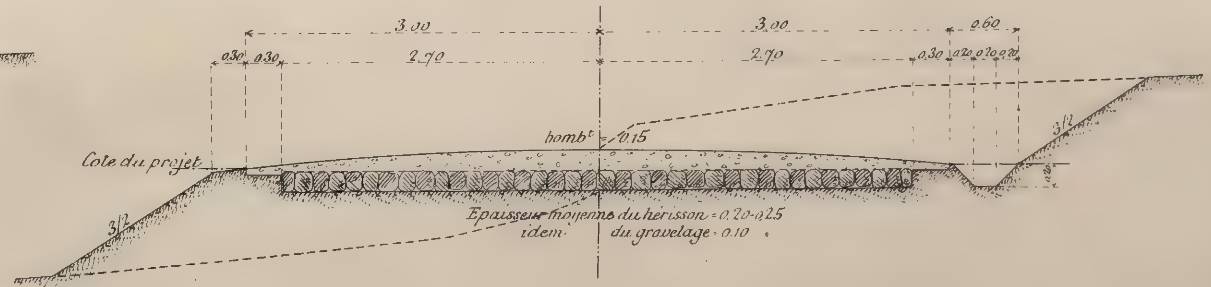
Canton de Zurich



Canton de Fribourg



Canton de St Gall



Et. er, 1re 9

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

RAPPORT
PAR

JOHANN BÖLTZ
K. K. Oberbaurat
Laibach

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN
DES ROUTES IMPÉRIALES
dans le duché de Carniole (AUTRICHE)

I. *Généralités.*

La Carniole est un pays de vieille civilisation qui, par suite de sa position géographique, se trouvait être une région de passage entre l'Italie et les pays du Danube, et comme tel jouait déjà dans l'antiquité un rôle important, et était sillonnée de nombreuses routes. Les tracés de route les plus caractéristiques ont été établis par les Romains, et il s'en est conservé par endroits des parties qui sont encore dans leur état originel ; cependant en majeure partie, ces routes ont été reconstruites et améliorées, aussi bien quant à leur direction et à leur déclivité que pour leurs profils, et elles forment actuellement les principales voies de communication du pays.

On voit, d'après le tracé des routes impériales que, à l'origine, elles n'ont pas été rétablies par des hommes du métier, car souvent ce tracé serpente beaucoup, même en pays plat ; on y rencontre des déclivités qu'il était facile d'éviter, et elles touchent des territoires inondables qui pouvaient être contournés à peu de frais.

Mais, jusqu'aux temps modernes, on ne s'entendait guère à établir une route répondant à sa destination et, en particulier, à en ménager les déclivités.

Sous la grande Impératrice Marie-Thérèse, on respecta même, de propos délibéré, les déclivités les plus exagérées afin d'assurer par les relais un sûr profit aux habitants pauvres du pays.

Au temps de l'empereur Charles VI, un travail d'un haut intérêt consista dans la construction de la route impériale de Loibel qui franchit, à une altitude de 1 310 mètres, le col de Loibel. Par de nombreux lacets resserrés dans un étroit espace et qui deviennent de plus en plus courts vers le haut, la route s'élève d'une hauteur totale de 375 mètres avec une pente moyenne de 15 0/0. La largeur est en moyenne de 7 mètres. Dans les premiers temps, on avait établi sur la chaussée des paliers nombreux qui non seulement avaient pour objet de dériver vers la vallée l'eau du versant de la montagne, mais encore offraient une halte aux voitures. A l'heure actuelle, la plupart de ces paliers ont été supprimés. L'eau est conduite le long du flanc de la montagne et emmenée au moyen d'aqueducs au-dessous du corps de la chaussée. Celle-ci est entretenue par des rechargements en pierres cassées. Pour la préserver des érosions principalement, elle est recouverte de matériaux argileux qui se rencontrent en ce lieu et qui se prêtent à une très bonne liaison avec le lit de macadam. Cette route très escarpée est encore fréquentée sans hésitation, avec une automobile 75 H. P., par un propriétaire terrien domicilié à Annatal.

Sous l'empereur François II, après qu'on eut effectué le drainage des marécages du Laybach au moyen du canal de Gruber, on construisit sur le marais une route de Laybach à Brunndorf qui a été considérée comme la première du genre.

Le corps de la route était constitué de rondins de bois, recouverts de gros macadam, et était drainé au moyen de fossés profonds creusés de chaque côté.

Déjà les Romains avaient bâti des routes de cette espèce sur le marais du Laybach, en certains endroits où le sol était sec pour la plus grande partie ; la trace de ces routes se voit encore aujourd'hui en beaucoup de points du marais, et, en particulier, le long de la route impériale de Trieste entre Laybach et Oberlaybach.

Le corps de la route, formé de rondins couchés et disposés sur de longues traverses avec un revêtement en pierres cassées de carrières est fréquemment encore bien conservé et est recouvert d'une couche de terre ayant jusqu'à un mètre d'épaisseur. Dans la localité de Loog, à 12 kilomètres de

Laybach, il existe encore aujourd'hui une borne milliaire romaine avec le chiffre VI.

Les Français ont effectué de grands travaux de rectification des routes impériales pendant leur domination en Carniole, de 1809 à 1814 ; et, à cet égard, les déviations de la route impériale de Trieste, entre Oberlaybach et Loitsch au Raskouzberg et près de Planina au Garcarevcberg sont absolument dignes de servir de modèle et remarquables surtout parce qu'elles sont entourées d'innombrables fossés (Dolinen : longs fossés du Karst) et qu'elles n'ont jamais une pente supérieure à 5 0/0. La largeur de la chaussée atteint 7 à 8 mètres.

Les routes du Karst étant construites parmi des rochers calcaires, l'eau de pluie s'y écoule très rapidement et la chaussée est sèche en peu de temps. Par suite de cette circonstance, ces routes sont dans un état remarquable et exigent une dépense relativement faible pour leur entretien.

Après la période française, la construction des routes paraît être entrée dans une grande période de calme dont elle ne se relève que dans la période de 1845 à 1865.

A ce moment on dressa plusieurs projets de rectifications de routes :

1° Pour la déviation de la route impériale de Vienne à l'Utschakberg, près de Trojana, qui fut autrefois une colonie romaine, au voisinage de la frontière de Styrie ;

2° Pour l'amélioration définitive de la route impériale de Birnbaum entre les localités de Loitsch, Podkraj, Zoll et Sturija ;

3° Pour la rectification de la route impériale d'Agram par le Kapitelberg.

De ces projets, il n'y eut cependant de complètement exécutées que la déviation de la route impériale de Birnbaum dans la partie comprise entre Zoll et Sturija, et, en 1890, à l'occasion de la construction des voies de la Basse-Carniole, la rectification de la route impériale d'Agram près du Kapitelberg, à Rudolfswert.

La première section de Zoll à Sturija fait partie de la plus belle route de montagne du pays ; elle présente des conditions d'alignement et de pente extrêmement favorables et s'élève de 500 mètres sur une longueur de 8 kilomètres. En s'éloignant de Zoll on découvre toute la vallée de Wip-

pach ; au sud on aperçoit par un temps clair la région du Karst et au delà la mer Adriatique, pendant que, à l'est, le Nanos et, au nord, les pics des Alpes juliennes ferment le grandiose panorama.

A ces travaux succédèrent bientôt, l'une après l'autre, des rectifications plus ou moins importantes de la route impériale d'Agram au St. Mareinerberg, près des localités de Cesta et de Podgaber, ainsi qu'au Bärenberg, puis la rectification de la route impériale de Fiume à Feistritz d'Illyrie et en plusieurs autres points, en particulier entre St. Pierre (km. 10) et Strusnikar (km. 20).

Un très remarquable travail de déviation fut effectué au commencement de l'année de la guerre de 1866. A cette époque fut construite d'après les règles de l'art moderne et exécutée dans le minimum de temps une route impériale entre Präwald et St. Veit dans la vallée de Wippach, se détachant de la route impériale de Trieste. Les travaux de terrassements s'effectuèrent en même temps que le piquetage, les ouvriers suivant pas à pas l'ingénieur qui jalonnait le tracé de la route.

Entre 1865 et 1875, on procéda à la rectification, entre la localité de Kanker et le hameau de Fuchs, de la route impériale de Kanker qui traverse plusieurs fois la rivière de ce nom dans son étroite gorge et se fait remarquer par les excellentes dispositions de ses alignements et de ses pentes. La vieille route passait sur les flancs de talus escarpés au moyen de déclivités absolument mauvaises et en traversant en plusieurs endroits des terrains glissants, de telle sorte que, après les dégradations résultant des intempéries, elle était infranchissable.

A la même époque, on réalisa encore une rectification de la route impériale de Kanker, importante pour la ville de Kraimbourg et qui était liée à la construction d'un pont en fer sur la rivière de Kanker.

Ce pont métallique, accessible aux voitures, a une portée de 40 mètres et se trouve placé à 45 mètres au-dessus du fond du ravin. Ce fut le premier pont métallique sur route en Carniole.

Au commencement de 1880, il se produisit un vif renouveau d'activité dans la construction des routes et ce mouvement avec de brèves interruptions, dure encore. On dressa dans

le meilleur style des projets d'ensemble qui furent exécutés successivement dans la mesure des crédits accordés et suivant l'achèvement des projets de détail.

Le tracé de ces sections fut effectué principalement suivant la ligne de chute de l'eau, méthode qui sur des versants de montagne conduit le plus rapidement au but.

Ce n'est que par exception, en terrain difficile, que l'on dressa des plans avec courbes de niveau sur lesquels on rechercha le meilleur tracé pour la route.

Pour l'acquisition des terrains, on fit toujours des levés spéciaux (plans parcellaires) à l'échelle de 1/1000.

Pour la rédaction des projets de ces rectifications, le Ministère Impérial et Royal de l'Intérieur a donné plusieurs instructions différentes qui émanaient en général de points de vue successifs.

Pour les routes de première classe, au voisinage des centres commerciaux, la largeur utilisable de la chaussée fut fixée à 7 mètres, celle des accotements à 1 mètre environ, et celle des trottoirs, s'il y avait lieu d'en prévoir, à 2 m. 50.

L'épaisseur du blocage de fondation atteint 28 centimètres au milieu, 20 centimètres sur les côtés ; la couche supérieure de macadam 12 centimètres au milieu et 10 centimètres sur les côtés.

La flèche de bombement de la plate-forme des terrassements est de 1/60 de la largeur de la plate-forme ; la flèche de bombement de la chaussée est de 1/30 de la largeur de celle-ci.

Les fossés dans les tranchées ont 1 mètre de largeur et 30 centimètres de profondeur.

On fixe à 30 centimètres le rayon minimum des courbes, compté de l'axe de la route, et à 5 0/0 la pente maximum. (Voir profils, feuille I.)

En dehors des centres commerciaux, la largeur utilisable de la chaussée — pour les routes de première classe — fut réduite à 6 mètres pendant que l'épaisseur de l'empierrement restait la même.

Pour les routes de deuxième classe, la largeur normale fut fixée à 6 mètres, dont il faut déduire environ 0 m. 50 pour chacun des deux accotements.

Les talus des remblais seront aménagés en principe avec 5/4 de base pour 1/4 de hauteur, pendant que les fossés

dans les tranchées auront 1 m. 20 de largeur en gueule, 0 m. 40 au plafond, et 0 m. 40 de profondeur.

L'épaisseur de la couche de fondation et celle du revêtement sont les mêmes que pour les routes de première classe.

Pour les routes de montagne, il a paru nécessaire de réduire encore davantage la largeur de la chaussée qui fut fixée à 5 mètres seulement dont 0 m. 50 pour chacun des accotements et 4 mètres pour la chaussée utilisable.

La pente admise en chemins de montagnes est de 6 0/0 et le minimum de rayon y est réduit à 15 mètres dans les tournants où toutefois la route doit être élargie de 2 mètres. Les tournants sont horizontaux et ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils peuvent avoir une faible pente de 1 à 2 0/0.

Voir plus loin les profils de portions de routes impériales exécutées en différents terrains.

II. *Les routes impériales dans le Grand-Duché de Carniole.*

Le réseau des routes impériales de la province de Carniole comprend :

1) La route impériale de Vienne entre Laybach et la limite de la Styrie, du point kilométrique 0 au point 43^k,519	43^k,519
2) La route de Trieste entre Laybach et la limite de la province littorale, du point kilométrique 0 au point 78^k,860	78^k,860
3) La route de Loibl entre Laybach et la limite de la Carinthie, à la passe de Loibl, du point kilométrique 0 au point 54^k,412	54^k,412
4) La route d'Agram entre Laybach et la limite de la Croatie, près de Bregana, du point kilométrique 0 au point 121^k,498	121^k,498
5) La route de Kanker entre Krainburg et la limite de la Carinthie, à Seeland, du point kmilométrique 0 au point 22^k.878	22^k,878

6) La route de Wurzen entre Feistritz et la limite de la Carinthie, à la Groupe de Wurzen du point kilométrique 0 au point 58^{k},500. . . . . 58^{k},500

7) La route de Carlstadt entre Rudolfswert et Mottling, à la limite de la Croatie, du point kilométrique 0 au point 29^{k}.407 . . . . 29^{k},407

8) La route de Birnbaum entre Kalce et Sturija, du point kilométrique 0 au point 27^{k},200 . . . . 27^{k},200

9) La route de Fiume entre Adelsberg et la limite de la Croatie, du point kilométrique 0 au point 37^{k},920 . . . 37^{k},920

10) La route Wippach-Goritz entre Präwald et Sturija (limite de la province littorale), du point kilométrique 0 au point 22^{k},229 . . . . 22^{k},229

11) La route d'Istrie se détachant de la route impériale de Trieste près du point kilométrique 77 et se dirigeant vers la limite de l'Istrie, du point kilométrique 0 au point 3^{k},200 3^{k},200

12) Depuis le 1er janvier 1910, la route provinciale Kalce-Idria est classée et la route impériale entre Idria et la limite de la province littorale, jusqu'alors entretenue par cette dernière, est prise en charge par le gouvernement de la province de Carniole. Cette route a environ. . . . . . 32^{k},000

Dans les vingt dernières années on a apporté aux routes les travaux d'amélioration ci-dessous :

1) **1892-1893**. Déviation de la route impériale de Wurzen à Birkendorf sur une longueur de 865 mètres, entre les points 1^{k},474 et 2^{k},339; montant de la dépense 30.625 fr.
soit 35^{f},38 par mètre courant.

2) **1895**. Déviation de la route impériale de Carlstadt entre Unterschwerenbach et Saiz, sur 4 km de long, entre les points 4^{k},8 et 8^{k},8; dépense. . . . . 82.110 fr.
soit 19^{f},97 par mètre courant.

3) **1895-1896**. Rectification de la route impériale de Kanker entre les points kilométriques 12^{k},2 et 20 k.; dépense . . . . 50.746^{f},50

4) **1896**. Rectification de la route impériale de Wurzen par le Schwammberg, à Birkendorf, entre les points kilométriques 3^{k},022 et 4^{k},545, soit 4.545 m. de long; dépense . . . . 71.400 fr.

5) **1897**. Construction du pont en fer sur la rivière Gurk à Rudolfswert, entre les points kilométriques 71 et 71,6, y compris les rampes d'accès; dépense . . . . . 308.700 fr.

6) **1897-1898**. Rectification de la route impériale d'Agram à Catez en face de Rann, sur une longueur de 2400 m., du point kilométrique 109^{k},8 au point 112^{k},2; dépense . . . . 133.560 fr.
soit 55^{f},65 par mètre courant.

7) **1900-1901**. Déviation de la route impériale de Carlstadt entre Kandia et Unterschwerenbach, du point kilométrique 0 au point 4^{k},4, y compris la construction d'un pont métallique de 15 mètres d'ouverture sur le Schwerenbach; dépense . . . . 119.259 fr.
soit 27^{f},10 par mètre courant.

8) **1901-1902**. Déviation de la route impériale d'Agram proche de Treffen, du point kilométrique 47^{k},580 u point 51^{k},335 sur une longueur de 3755 m.; dépense. 61.740 fr.
soit 16^{f},38 par mètre courant.

9) **1904**. Rectification de la route impériale de Loibl à Pristava, entre les points kilométriques 40,2 et 40,6; dépense . . . . 10.710 fr.
soit 26^{f},67 par mètre courant.

10) **1904-1905**. Rectification de la route impériale d'Agram à Studenc, St-Rochus et Rodokendorf, entre les points kilométriques 2^{k},330 et 4^{k},370; dépense . . . 36.750 fr.

11) **1905-1906**. Rectification de la route impériale de Carlstadt entre Jugorje et Hrast sur une longueur de 3 km entre les points $13^k,400$ et $16^k,400$; dépense. . . 96.390 fr.
soit $31^f,92$ par mètre courant.

12) **1906**. Construction d'un pont en fer pour le passage de la route de Vienne sur la Save à Tschernutsch, du point $5^k,200$ au point $5^k,6$, sur une longueur de 580 m. y compris les rampes d'accès; dépense. . . . . 386.715 fr.
soit $665^f,75$ par mètre courant.

13) **1907**. Construction d'un pont en béton pour le passage de la route impériale de Wurzen sur la rivière de Feistritz ainsi qu'aménagement des rampes d'accès, à Birkendorf, au point kilométrique 1.400; dépense. . . 109.893 fr.
soit $610^f,57$ par mètre courant.

14) **1908**. Rectification de la route impériale de Carlstadt entre Hrast-Suhor et Wuschinsdort, sur une longueur de 2198 m. entre les points kilométriques $19^k,089$ et $20^k,768$; dépense . . . . 68.239^f,50
soit $30^f,97$ par mètre courant.

15) **1908-1909**. Construction d'un pont en béton pour le passage de la route impériale de Loibl sur la Save, à Krainburg, entre les points kilométriques $24^k,6$ et 25 k ; longueur : 420 m. y compris les deux rampes d'accès; dépense environ. . . . . 525.000 fr.
soit $1249^f,50$ par mètre courant.

Total. . . . 2.091.831 fr.

III. *Matériaux de construction.*

Quoique pays de montagne, la Carniole est cependant pauvre en matériaux utilisables.

Le calcaire y est rarement en masses homogènes ; il est très crevassé et de dureté inégale. Les calcaires dolomitiques donnent, il est vrai, un bon ciment, mais ils se décomposent plus ou moins vite à l'air et forment ensuite

de la boue et de la poussière quand ils sont employés pour l'empierrement des routes. Les grés, grauwackes, conglomérats qu'on trouve dans le pays ne conviennent pas davantage comme matériaux d'empierrement parce qu'ils se composent, d'après leur gisement, de bancs de duretés très différentes qui ne produisent pas une chaussée homogène.

De grandes longueurs de route dans la plaine et dans les vallées sont macadamisées avec des cailloux roulés et des pierres cassées de carrières ; dans la haute montagne ils le sont souvent avec des éboulis.

Les cailloux roulés qui sont formés presque exclusivement de calcaires, donnent un bon empierrement quand les plus gros sont régulièrement cassés au maillet et mélangés avec du gravier.

Les plus mauvaises chaussées ont été faites avec des éboulis qui ne sont principalement que du calcaire décomposé et ont une faible résistance. Pour les ouvrages en maçonnerie, ponts, aqueducs, murailles et murs de soutènement, on a employé, en Carniole, dans les travaux des routes, presque exclusivement des calcaires et des conglomérats compacts et la maçonnerie fut exécutée comme de la maçonnerie de moellons rangés par couches successives avec les faces visibles, soigneusement polies. La maçonnerie de pierre de taille ne trouva emploi que très rarement parce que les carrières locales ne donnent que d'une manière exceptionnelle des pierres sans défauts.

Ainsi, en 1876, il fallut abandonner le projet de construction d'un pont voûté en pierre sur le fleuve Kanker, à Krainburg, parce que la carrière de conglomérat au voisinage de la ville ne contenait pas les matériaux nécessaires.

Le pont fut exécuté en fer.

A une époque plus récente, les murs de soutènement et de revêtement, les piles et culées ont été construits presque complètement en béton, la partie supérieure des aqueducs et des petits ponts, en béton armé.

Pour les ponts de plus grande dimension à arche en maçonnerie, les cintres et les joints sont faits en béton, les piles et culées sont revêtues de blocs de granit qui proviennent des monts de Bacher en Styrie.

IV. *Construction.*

Les travaux des routes sont toujours adjugés par la voie de l'offre, l'Administration centrale se réservant le choix entre les concurrents.

La conduite locale des travaux est généralement confiée à un jeune fonctionnaire qui doit s'occuper aussi des travaux de piquetage, de la tenue du registre-journal des travaux et du compte définitif. La conduite des travaux incombe régulièrement à l'ingénieur de cercle.

En Carniole, il n'y a eu jusqu'à ce jour aucune construction de route exécutée par voie de régie.

V. *Travaux restant à exécuter*

Bien qu'on travaille depuis près de cent ans à l'amélioration des routes impériales, il subsiste encore en Carniole beaucoup de tronçons de routes qui ne répondent en aucune façon aux exigences modernes.

A ces sections appartiennent :

1° La route impériale de Birnbaum, entre les localités de Kalce et de Podkray du point kilométrique 0 au point kilométrique 13, qui présente des pentes excessives et monte ou descend presque sans interruption ;

2° La route impériale de Wurzen dans la partie comprise entre les points 5 km. et 8 km. avec plusieurs coteaux très abruptes et des courbes accusées, puis de la ville de Wurzen à la limite de la Carinthie par la croupe de Wurzen avec des pentes supérieures à 12 0/0 ;

3° La route impériale de Kanker, qui offre actuellement des pentes tout à fait acceptables et a, par contre, besoin d'être élargie en beaucoup d'endroits ;

4° La route de Vienne à Utschak et à la montagne de Trojana, entre les points 37 km. et 40 km.. ;

5° La route impériale d'Agram à Stehainer et au Weixelberg entre les points 20 km. et 26 km. avec des pentes allant jusqu'à 15 0/0, puis au St-Annaberg, entre les villes de Ponikve et Honigstein, du point 55 km. au point 65 km.

6° La route impériale de Fiume, entre la localité de Mautersdorf et St-Peter, avec plusieurs coteaux abruptes.

Le coût des rectifications à faire qui ne seront, en tout cas, mises à exécution que successivement peut être évalué d'après les dépenses des travaux effectués jusqu'ici, à 2.100.000 francs.

VI. *Entretien des routes impériales en Carniole.*

Grâce au personnel distingué du service des routes et aux règlements modèles sur l'entretien des chaussées, l'état des routes impériales de Carniole a très bonne réputation dans le pays.

Les instructions administratives et techniques sur l'entretien des routes impériales remontent à 1840 ; à cette époque, il y avait encore en Autriche des directions de travaux autonomes et un ingénieur éminent dans l'art des routes, le directeur E. Gintl dirigeait les affaires du service des routes en Carniole.

Le principal avantage du système d'administration consistait en ce qu'on apportait une attention convenable même aux plus petites opérations et que pour la réglementation de tous les travaux de routes, des instructions étaient données et envoyées à chaque agent.

En outre, une surveillance très étroite était exercée sur les travailleurs de la route qui étaient contrôlés presque chaque jour par l'agent voyer, et, chaque mois, par l'ingénieur de cercle et s'il s'agissait de travaux de conservation plusieurs fois dans le mois, suivant les besoins. L'Ingénieur de cercle était en outre constamment renseigné sur l'état de la route puisque chaque semaine les gardes de la route devaient lui envoyer leurs rapports ; l'état du temps et les chutes de neige devaient lui être annoncés spécialement.

L'Ingénieur de cercle était obligé de justifier la quantité de matériaux d'empierrement nécessaire chaque année, de présenter l'avant-projet des travaux conservatoires prévus pour l'année suivante etc.

Après achèvement de la fourniture de macadam et des travaux d'entretien, comme en ce qui concerne la reconstruction d'ouvrage d'art, les pièces justificatives de la fourniture et les opérations de liquidation pour les travaux effectués dans le courant de l'année étaient soumises à approbation.

On charge généralement de cette mission un haut fonctionnaire technique qui avait, après la réception, à s'assurer aussi du bon état de la route.

Enfin, le directeur des travaux était chargé d'inspecter chaque année les routes impériales du pays tout entier de prendre les mesures nécessaires pour que l'on fit disparaître les défectuosités, d'examiner si les travaux proposés étaient bien nécessaires et si les dispositions projetées répondaient bien au but à atteindre, et de faire les propositions pour leur exécution.

Ces instructions furent conservées même lorsque la Direction des travaux fut supprimée et que les fonctionnaires des travaux furent placés sous les ordres des autorités politiques.

On distingue quelquefois en Carniole les routes d'après leur position, en routes de montagne et routes de vallée, routes du Karst et routes du marais, dont les conditions d'entretien diffèrent par beaucoup de points importants.

Les opérations essentielles restent toujours l'évacuation rapide de l'eau de la chaussée et le répandage judicieux des matériaux d'empierrement.

Sur les routes de montagne, on évacuait jadis l'eau des fossés situés du côté de la montagne par-dessus la route vers la vallée au moyen de rigoles découvertes qui en arrêtaient le cours. Mais comme ce mode d'évacuation soulevait beaucoup de plaintes, principalement de la part des propriétaires d'automobiles, les rigoles furent successivement supprimées et remplacées principalement par des aqueducs.

Pour l'entretien des routes de marais, on creuse de chaque côté du corps de la route de profonds fossés, curés chaque année et au moyen desquels s'effectue le drainage du soussol de la route. Quand cela ne suffit pas, on exécute dans le corps de la route des fossés transversaux d'assèchement dans lesquels on place du gravier et des tuyaux de drainage.

D'autre part, l'enlèvement des eaux superficielles de la chaussée se fait grâce à son bombement soigneusement entretenu, bombement qui atteint environ 1/30e de la largeur de la route, et par l'établissement de canaux d'évacuation sur le terrain adjacent. Les routes du Karst sont, à cet égard, d'un entretien on ne peut plus facile, parce que les

eaux de pluie s'y égouttent rapidement à travers les rochers fissurés et que la chaussée est vite sèche.

VII. *Macadam.*

Le macadam employé à l'entretien des routes se compose presque toujours et partout de calcaire et de dolomie. Dans les régions basses et les vallées, on emploie surtout pour les routes impériales des matériaux de carrières et des cailloux roulés, et pour en augmenter la force de cohésion, le tiers au moins de la quantité à fournir doit consister en gros gravier cassé au maillet. Pour les routes de montagne on emploie presque exclusivement de la pierre concassée.

Le répandage du macadam se fait ici à l'arrière-saison encore suivant le système des emplois partiels, quand le corps de la route est détrempé par la pluie et est devenu plastique.

Au printemps, le travail consiste principalement à ajouter du macadam, jusqu'à ce qu'il disparaisse, dans les ornières et flaches qui paraissent en voie de formation.

Pendant l'été, la route est unie et la chaussée est seulement ébouée et époudrée. On peut encore avec avantage se servir du macadam sur les routes à faible circulation dont les bords s'exhaussent rapidement. Pour forcer les voitures à quitter l'ornière centrale et amener la circulation sur les bords, on étend sur la chaussée de 10 mètres en 10 mètres environ d'étroites bandes de macadam que l'on retire lorsque le but est atteint.

Le procédé consistant à donner une direction aux voitures au moyen de dépôt de macadam n'a trouvé aucune faveur en Carniole.

Pour les routes du Karst, il arrive fréquemment que par une violente tempête la chaussée est rompue et le macadam balayé. Pour empêcher cette destruction le plus possible, on mélange au macadam ou on applique sur la chaussée de l'argile rouge qui se rencontre dans le Karst.

Les sections de routes entretenues avec de la dolomie sont très belles, mais leur solidité est faible, parce que la dolomie est très tendre et se décompose facilement à l'air.

Pour répondre aux exigences croissantes des usages de

la route et suivant les idées actuelles, on a dailleurs fait en Carniole des essais de routes cylindrées pour les besoins desquels on a acquis un cylindre compresseur à vapeur de 16 tonnes et un concasseur mécanique. Comme matériaux de fabrication de macadam, on a employé un calcaire compact qui est débité en deux grosseurs différentes d'environ 6 et 3 centimètres cubes.

Le cylindrage se fait par couches ; l'épaisseur de l'empierrement atteint 15 cm. au milieu et 10 cm. sur les côtés. Pour la couche supérieure, on emploie les débris de concassage. Le revêtement de la route est cylindré jusqu'à ce qu'il soit sans défaut. Mais, cependant, lorsque le macadam est trop tendre et que les sections empierrées sont soumises à une forte circulation, il apparaît souvent dans la chaussée, au bout d'une année, des inégalités assez grandes qui doivent être comblées avec du sable. Le rouleau compresseur a été aussi employé avec avantage pour le cylindrage des empierrements ordinaires.

En ce qui concerne les frais, on peut citer la partie cylindrée de la route impériale de Trieste dans la traverse de Laybach qui mesure 1 040 mètres de long sur 9 mètres de large soit 9360 mètres carrés et qui a exigé une dépense de 15762 fr. 23 soit de 2 fr. 40 par mètre carré. On compte dans la dépense 12896 fr. 33 pour la fourniture du macadam et 2866 fr. 40 pour fouille, répandage et cylindrage.

L'automne dernier une deuxième section de la même route impériale sise à Gleinitz près de Laybach et ayant une surface de 7000 mq. fut encore cylindrée.

La dépense s'en établit comme suit :

Pour la fourniture de macadam	10.248 fr.
Pour fouille, remplissage et cylindrage. . .	1.835 fr. 85
ensemble.	12.133 fr. 85

soit 1 fr. 73 par mètre carré.

Comme les frais d'entretien des routes avec le système du cylindrage sont manifestement très élevés, on peut ne recourir au cylindrage que pour les sections de routes qui supportent une forte circulation.

Cependant, le cylindrage ne supprime pas les inconvénients de la poussière, et il ne peut y être remédié dans les traverses

des villes que par arrosage de la chaussée. Il n'a pas encore été effectué d'essais de goudronnage, ni d'application des autres procédés de suppression de la poussière.

En raison du climat de la Carniole, il convient, dans les traverses des villes qui supportent une circulation intense, de n'effectuer que des pavages en pierre dure, granit ou porphyre.

La route impériale de Vienne est pavée sur une longueur de 1 kilomètre à partir du centre de la ville de Laybach, avec des cubes de granit de 18 centimètres et se montre tout à fait excellente : notamment la formation de la boue et de la poussière y est des plus minimes. Le mètre carré de pavage en cubes du granit du Bachergebirg, en Styrie, coûte 21 fr. Le pavage en asphalte est à recommander quand on se place au point de vue hygiénique, mais il a cet inconvénient que par temps humide les animaux de trait ne peuvent y avancer sans ferrure spéciale.

VIII. *Ouvrages d'art.*

Il y a un peu plus de 15 ans, on ne trouvait sur les routes impériales de Carniole, à l'exception de 2 ponts en fer et de quelques ponts de pierre, rien que des ponts en bois ; les aqueducs étaient même en majeure partie couverts en bois.

Comme le prix du bois s'est élevé considérablement dans les dernières années, que la durée des ouvrages en bois est faible et qu'ils sont loin de répondre aux exigences de la circulation croissante, ces ouvrages provisoires ont été peu à peu remplacés par des ouvrages définitifs en fer, en béton, en béton entre traverses, et en béton armé.

L'année dernière, certains des plus grands ponts ont été reconstruits de cette manière et notamment le pont sur la rivière Gurk à Rudolfswert (ouvrage en fer d'une portée de 70 m.), le pont sur la Save, à Tschernutsch (ouvrage en fer à trois ouvertures dont 2 de 40 et une de 60 m.), le pont sur la Save à Krainburg (pont en béton à 4 arches, 30 m.), le pont sur la rivière Feistritz à Birkendorf (pont à arche en béton avec une ouverture de 30 mètres), etc.

De même les très nombreux garde-corps en bois sont successivement remplacés par des garde-corps en fer.

Aménagements accessoires. — Dans les derniers temps l'administration des routes s'est occupée, avec un soin particulier des bas côtés existant le long des chaussées et a, principalement aux abords des localités les plus importantes, aménagé les accotements d'une manière conforme aux besoins des piétons et des bicyclistes.

Les allées de peupliers à forme de pyramide existant jadis sont tout près d'avoir disparu, en quelques endroits, des allées de tilleuls ont été plantées, peu à peu les arbres fruitiers (pommiers et poiriers) trouvent le long des routes impériales l'emploi qui leur revient.

Des maisons de garde n'ont été construites que dans une mesure très limitée pour les sections de routes qui sont isolées ou dans les localités où le garde ne peut trouver facilement à se loger.

Ces maisons sont évidemment aménagées de la manière la plus simple.

Près des grands ponts de bois se trouvent encore des magasins de l'Etat pour la conservation des différents matériaux de construction.

Conclusions.

Les conditions nécessaires pour le bon établissement d'une route sont :

1° Exposition au sud, terrain dégagé.

2° Assèchement complet du corps de la route au moyen de fossés et de saignées transversales (drains).

3° Evacuation rapide des eaux de pluie, grâce à la forme convexe donnée à la chaussée et à l'entretien constant de cette convexité ainsi qu'à l'établissement du plus grand nombre possible de points d'écoulement sur le terrain contigü.

4° Etablissement d'une fondation et d'un revêtement convenablement solides avec des matériaux ne se délitant pas à l'air ;

5° Fixation convenable de la largeur de la route en couronnement ; cette largeur doit atteindre au minimum 5 mètres dont 4 mètres à réserver pour la chaussée utilisable.

6° Fixation à 5 °/° du maximum des déclivités ; emploi de rayons d'une longueur moyenne de 30 mètres au minimum

dans les sections courantes ; de 15 mètres au minimum pour les tournants en routes de montagne avec élargissement en ces points de 2 mètres de la chaussée.

7° Les tournants doivent être établis horizontalement.

8° Les ouvrages d'art doivent être établis dans leur état définitif en maçonnerie, fer, béton armé, béton, etc.

9° Pour l'application à l'entretien de la route du procédé extraordinairement bon marché appelé Flicksystème (emplois partiels), tout le macadam approvisionné doit être utilisé en automne par temps humide, étendu sur la chaussée seulement en couches étroites formant une bande avec des interruptions, et soigneusement déposé dans les ornières en formation. Au printemps, il faut faire rentrer les pierres restées roulantes dans le corps de la chaussée, dans les flaches et ornières et cette opération doit être continuée jusqu'à ce que la pierre ait complètement disparu. En même temps, il faut toujours avoir en vue d'entretenir le bombement de la chaussée.

10° Sur les côtés des chaussées peu fréquentées, il se forme très rapidement une épaisse couche d'herbe. Dans ces sections de routes, le macadam peut être avantageusement utilisé pour changer la piste des voitures et débarrasser la chaussée du gazon ; pour ce faire on en étend sur la chaussée de manière à diriger les voitures sur le gazon.

11° Les accotements et banquettes doivent être remis en état tous les deux ans afin que l'eau de pluie puisse s'écouler de la chaussée.

12° Le premier rang est généralement accordé à la méthode des rechargements généraux. En raison de son coût élevé, elle ne peut cependant être mise en application que dans des sections à très forte circulation et dans les traverses, et dans ce cas, l'emploi de matériaux durs tels que granit, porphyre, basalte, etc. est recommandé.

En cas d'emploi de calcaire, les avantages des routes cylindrées consistent presque uniquement en ce que l'on obtient immédiatement une surface de chaussée bien unie et que l'incorporation des pierres à la chaussée n'est pas laissée aux véhicules, opération qui entraîne avec elle une importante dépense de force perdue.

13° La méthode d'entretien par emplois partiels pourrait être essentiellement améliorée en ne laissant pas aux voitures

le soin d'enfoncer la couche de pierre répandue, mais en cylindrant celle-ci avec un rouleau compresseur, par un temps humide et la chaussée étant molle.

A cette fin, un léger cylindre compresseur de 12 tonnes au plus suffirait largement.

14° Comme, par suite de l'augmentation constante des salaires, le prix de la pierre à macadam a presque doublé depuis dix ans, il paraît avantageux de recourir à la production mécanique des matériaux d'empierrement au moyen de concasseurs.

15° Pour la circulation automobile, il est absolument nécessaire de faire disparaître les conduites d'eau sur la chaussée des routes, aussi bien que les cassis peu goûtés des automobilistes dans les sections escarpées.

16° Dans les grandes montées des routes de montagne, alors que de telles routes sont exposées à des vents violents, il paraît avantageux de mélanger au macadam un peu d'argile, grâce à quoi la chaussée reste unie comme une aire.

Parfois, il est nécessaire dans les routes de montagne de maintenir raboteuse la surface de la chaussée afin que les voitures descendant vers la vallée ne soient pas entraînées à rouler à une vitesse dangereuse : on étend à cet effet une étroite bande de macadam pas trop gros sur l'un des côtés de la route.

J. BÖLTZ

(Trad. de MAISONCELLE).

65683. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris

TABLEAU D'ENSEMBLE

des Travaux exécutés dans le Grand-Duché

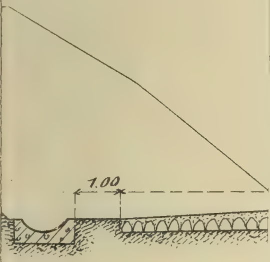
de **CARNIOLE**

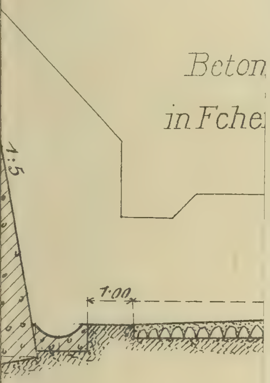
pendant les exercices **1898** à **1908** et des dépenses

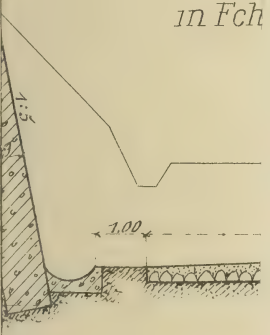
qu'ils ont entraînées

ANNÉES	I	II	III	IV	V		
	Longueur totale			Total	Dépenses cou		
	Routes et Ponts empierrés	Routes et Ponts pavés	Ponts qui ne sont ni empierrés ni pavés		PIERRE CASSÉE A MAC		
					Évaluation en mètres cubes		Dépenses et d et autr mè
					en tout	par mètre courant	en tout
	en mètres						Fcs
1898	498.496	—	1.714	500.210	20.575	0.048	79.06
1899	498.569₆	—	1.628₄	500.198	21.594	0.045	85.10
1900	501.745	—	1.628	503.371	21.575	0.045	81.97
1901	498.305	—	1.628	499.935	18.162	0.036	80.25
1902	498.252	75	1.628	499.955	17.665	—	80.25
1903	498.076	229	1.628	499.955	17.760	0.036	80.05
1904	497.610	299	1.628	499.537	15.649	0.031	82.45
1905	497.529	380	1.628	499.537	15.588	0.031	82.56
1906	497.600	480	1.438	499.518	14.595	0.029	79.449
1907	497.475	605	1.438	499.518	13.760	0.028	80.005
1908	497.664	681	1.438	499.783	13.731	0.027	91.060

I	VII	VIII	IX	X		XI	XII
ntes des travaux des Routes							
M fournitures nsport, rais de la nature par m³	Salaires des ouvriers utilisés à la mise en place, et des auxiliaires réguliers, joints aux dépenses fixes et autres de la même nature	Dépenses d'entretien, de réparations et de restaurations dont le prix n'atteint pas 10.000 couronnes (10.500 fr.) pour chacune	Dépenses de restaurations coûtant chacune au mo ns 10.000 couronnes (10.500 fr.)	TOTAL DES SOMMES inscrites aux colonnes VI, VII, VIII, IX	MOYENNE par mètre courant	Dépenses extraordinaires de construction des routes	Dépenses totales faites sur le crédit des routes (col. X et XI)
Fcs	Fcs	Fcs	Fcs	Fcs	Fcs	Fcs.	Fcs
5.87	74.819	97.928	13.556	265.151	0.52_{9}	247.638	5 12.78
5.88	75.395	124.091	—	282·584	0.56_{5}	154.291	436.875
5.83	74.432	118.954	—	275.364	0.54_{6}	66.896	342.260
4.42	84.505	139.290	—	304.048	0.60_{9}	86.980	391.029
4.55	96.349	144.238	—	320.839	0.64_{0}	47.648	368.487
4.50	96.449	129.742	—	306.228	0.61_{9}	105.143	411.372
5.27	96.486	145.491	—	322.429	0.64_{0}	106.969	429.398
5.56	96.725	145.957	—	325.248	0.65_{1}	280.809	606.055
5.52	97.531	169.475	—	346.455	0.69_{5}	428.840	775.295
5.82	113.448	156.801	—	342.070	0.68_{2}	363.193	578.589
6.62	112.714	169.950	—	373.723	0.74_{5}	503.227	876.949

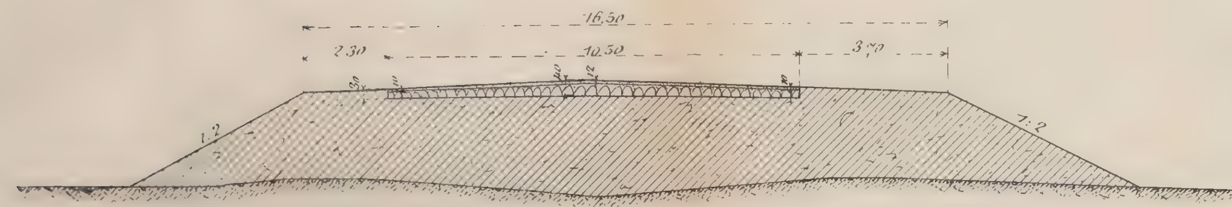

1.00


Beton
in Fche
1:5
1·00

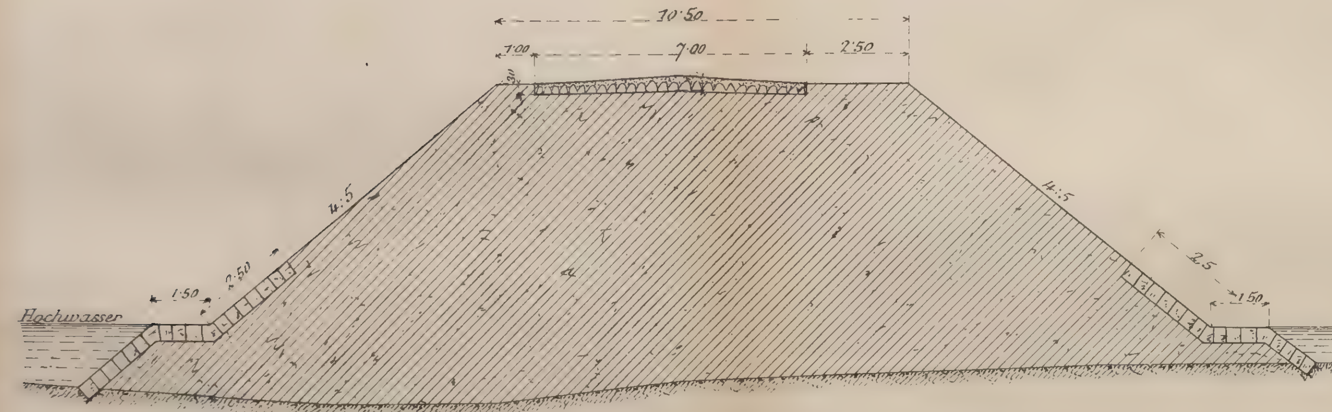

Beto
in Fch
1:5
1.00

Umlegung der Wiener-Reichsstrasse im Bereiche der Fschernutscher Savebrücke

Querprofil in Ieschca Km 5·2



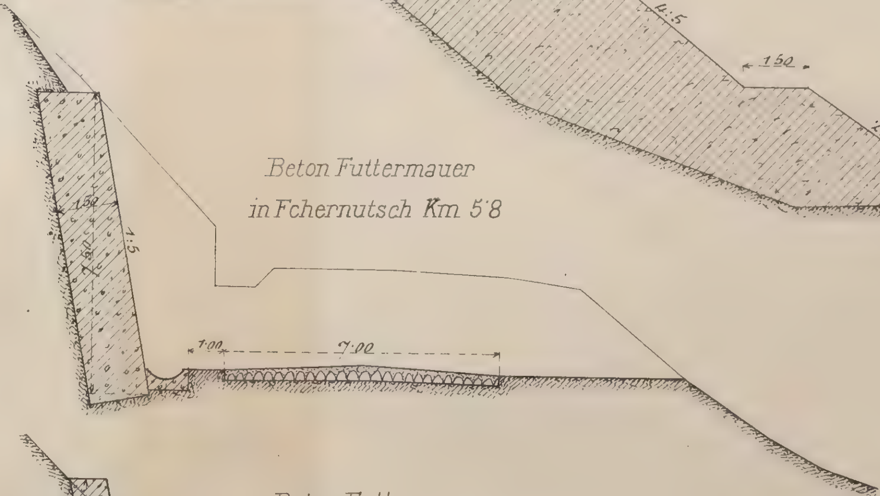
Rechtsufrige Rampe der Brücke Km 5·4



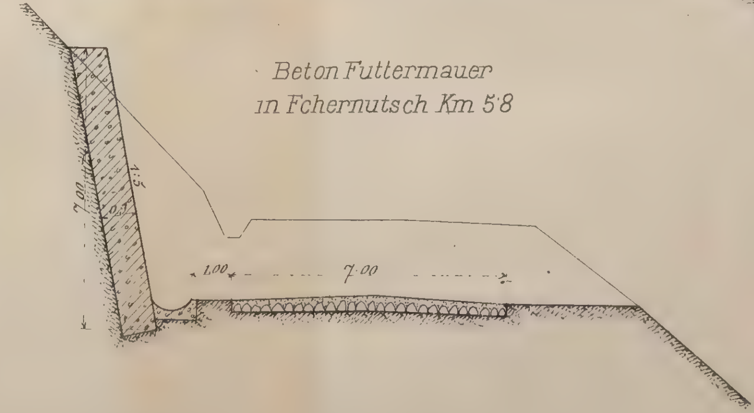
Querprofil im Km 5·7 in Fchernutsch



Beton Futtermauer in Fchernutsch Km 5·8



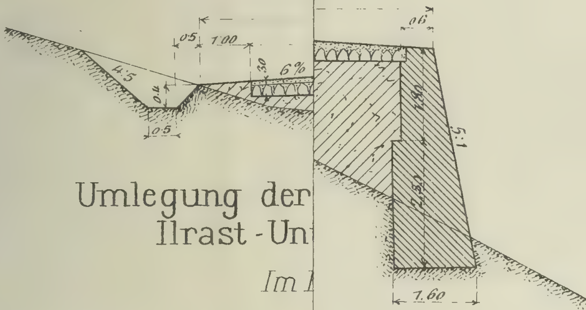
Beton Futtermauer in Fchernutsch Km 5·8



Baudep. der k. k. Landesregierung
Laibach, im Oktober 1909

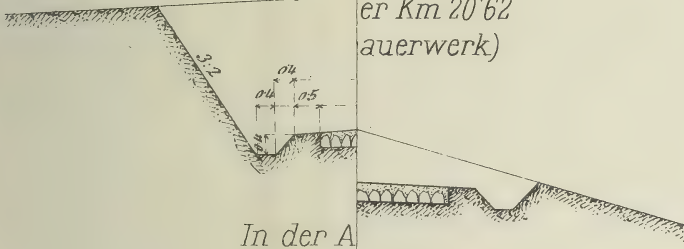
Korrektion der Wier Km 20·66

Normalp

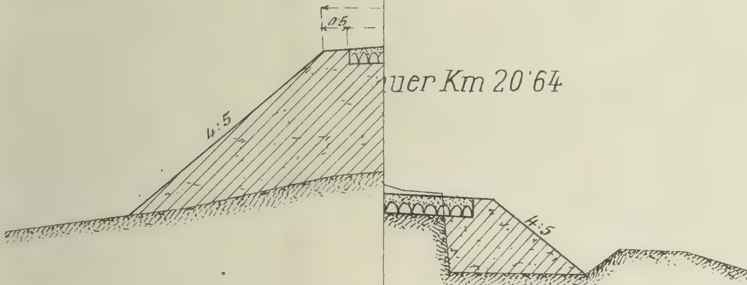


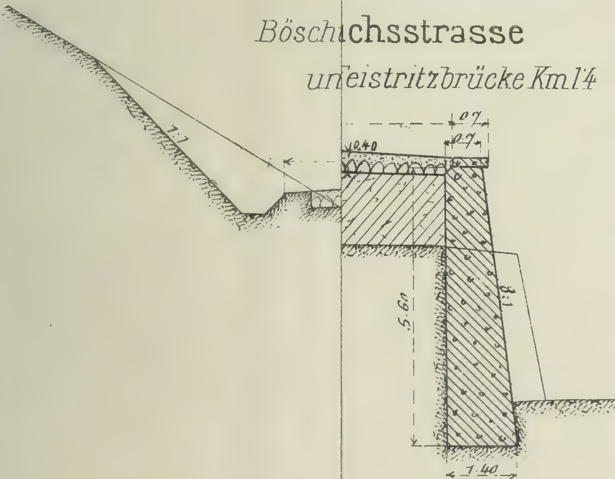
Umlegung der
Ilrast-Un

Im I



In der A

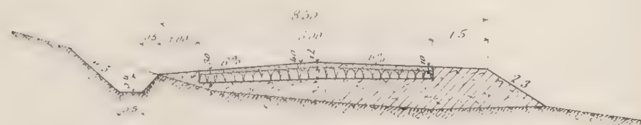




Bőltz, 2e q.

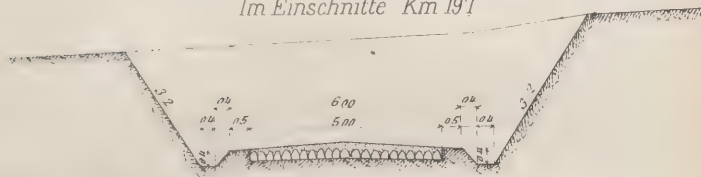
Korrektion der Wiener-Reichsstrasse bei Fersain

Normalprofil im Km 11 5

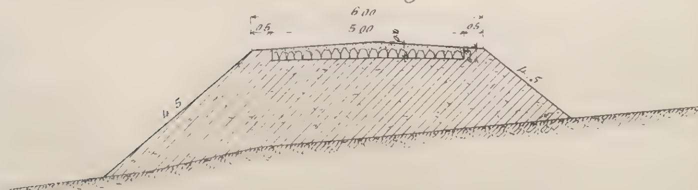


Umlegung der Karlstäädter-Reichsstrasse Ilrast - Unter Suchor-Wuschingsdorf

Im Einschnitte Km 19·1



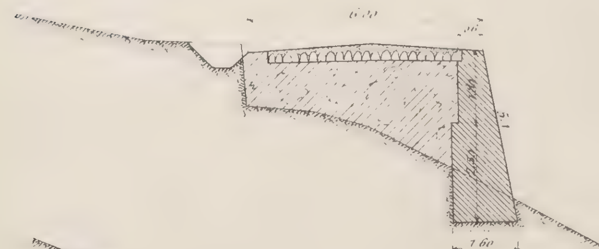
In der Anschüttung Km 19·2



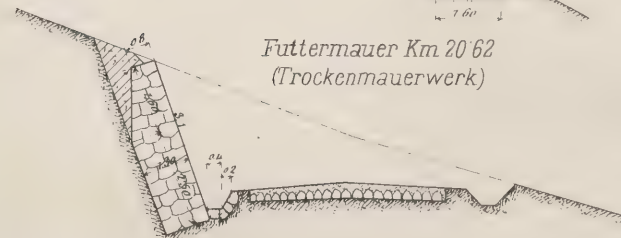
Böschung mit Steinverkleidung und Trockenmauer Km 20·5



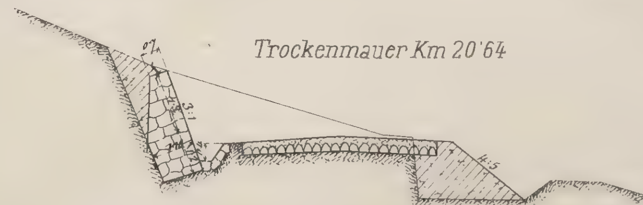
Stützmauer aus Bruchsteinen Km 20·66



Futtermauer Km 20·62 (Trockenmauerwerk)

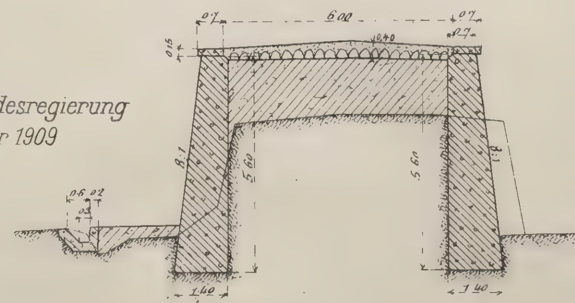


Trockenmauer Km 20·64



Wurzner-Reichsstrasse

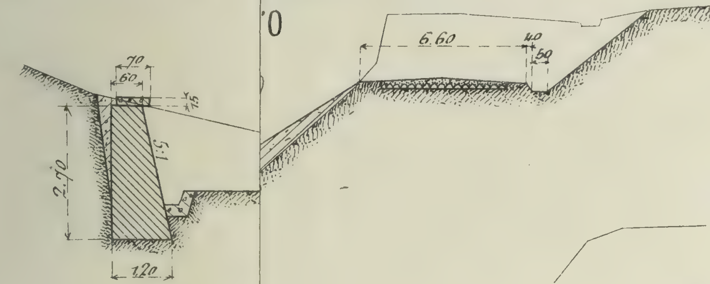
Zufahrtsrampe zu der Feistritzbrücke Km 1·4



Baudep. der k.k. Landesregierung Laibach, im Oktober 1909

Böltz, 2e q.

Korrektion der W ichsstrasse

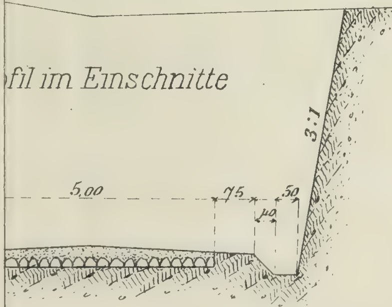




Konglomerat

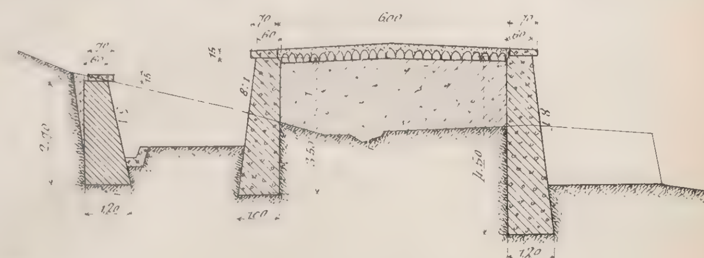
r Wurzner - Reichsstrasse

dorf zwischen km 00-20



Böltz, 2e q.

Korrektion der Wurzner-Reichsstrasse bei Birkendorf km 0·0-2·0

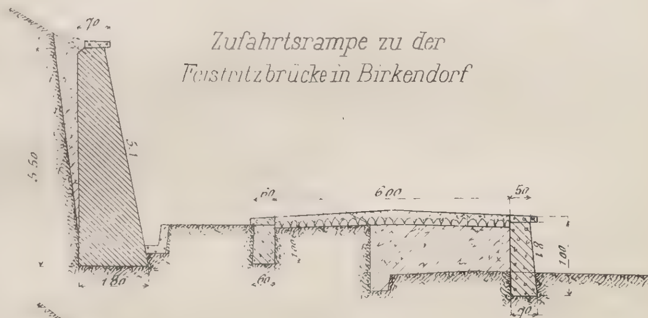


Umlegung der Wurzner-Reichsstrasse
bei Lesnik im Km 43·0

Uferschutzbau 1.200



Zufahrtsrampe zu der Feistritzbrücke in Birkendorf

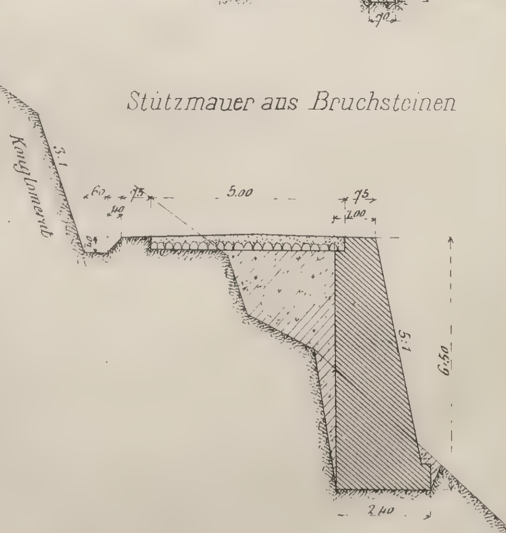


Umlegung der Kanker-Reichsstrasse im Km 1·0

Bepflasterte Böschung mit Uferschutzbau

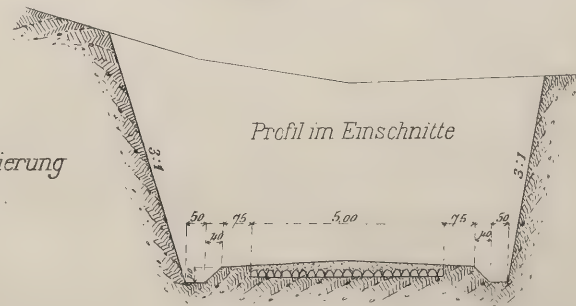


Stützmauer aus Bruchsteinen



Umlegung der Wurzner-Reichsstrasse
bei Birkendorf zwischen km 0·0-2·0

Profil im Einschnitte



Baudep. d. k. k. Landesregierung
Laibach, im Oktober 1909.


Rapport Böltz
Wurzen
Route de Wurzen
2864m
ALPES
JULIENNES
1964m
Route de Loibl
Burkendorf
Save R.
Route de Kanker
Krainburg
2559m
CARINTHIE
STYRIE
Route de Vienne
Trojana
Save R.
Tersain
Tschernutsch
Laibach
Idria
Ob. Laibach
Marais de Laibach
Weizelburg
Route d'Agram
Studence
Rodokendorf
Treffen
Hönigstein
Rodolfswerth
Gurk R.
Rann
Catez
St Marein
Save R.
Bregana
Goritz
Struja
Route de Birnbaum
Loitsch
Podkraj
Planina
Wippach
Nanos 1300m
St Weit
Adelsberg
Präwald
Route de Trieste
1270m
Mautersdorf
CARNIOLE
Route de Carlstad
Jugorje
Hrast
Wutschingsdorf
Möttling
MER ADRIATIQUE
ISTRIE
St Peter
Route de Fiume
Trieste
Fiume
CROATIE

Bőltz, 2e q.

18

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

RAPPORT

PAR

VAN VOLSOM
Ingénieur des Ponts et Chaussées
Bruxelles

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

FONDATION DES CHAUSSÉES

MODES D'EXÉCUTION

En Belgique, en dehors des grandes villes, les chaussées des routes sont empierrées ou pavées à l'aide de matériaux pierreux naturels échantillonnés. Les chaussées en bois, en asphalte, etc., ne se rencontrent que dans les agglomérations urbaines.

I. — Chaussées empierrées

Fondation en libages.

Les empierrements sont généralement établis sur une fondation en libages reposant directement sur le fond de l'encaissement ou, quand la nature du terrain l'exige, sur une couche de sable ou de cendrées de 0 m. 10 à 0 m. 20 d'épaisseur. Ces libages sont placés de champ et normalement à l'axe de la d'éclats de pierres que l'on fait pénétrer entre eux à l'aide d'éclats de pierres que l'on fait pénétrer entre eux à l'aide du marteau. L'enrochement ainsi construit est énergiquement comprimé au moyen d'un rouleau à vapeur et son épaisseur, après cylindrage, est ramenée uniformément à 0 m. 15, 0 m. 18 ou 0 m. 20.

Ensuite sur cet enrochement est répandu, régalé et cylindré en deux couches successives pour former, après arrosage et incorporation de la matière d'agrégation, l'empierrement proprement dit, formé de pierraille dont les dimensions varient d'ordinaire entre 0 m. 04 et 0 m. 06.

Fondation en béton et en béton armé.

Un essai de fondation en béton armé va être tenté à l'occasion de l'établissement d'une chaussée en pierraille goudronnée

sur l'avenue de Schaerbeek, à Vilvorde. Il a fait l'objet du rapport présenté par MM. Dufourny, inspecteur général et Vander Vin, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées au précédent Congrès (première question, rapport n° 12).

Sur la moitié environ du développement de la chaussée, la fondation sera construite en béton armé; sur l'autre moitié, elle sera réalisée en béton de sable sans armature, l'encaissement étant limité latéralement par des bordures en calcaire.

Les travaux de construction de ladite chaussée sont actuellement en cours d'exécution.

*

* *

L'enrochement de fondation a donné jusqu'à présent de bons résultats. Il est peu coûteux et de construction facile. Lorsque le sol sur lequel il prend appui est bien asséché et suffisamment résistant, il ne se déforme pas sous le passage des véhicules, tout en donnant une certaine élasticité à la chaussée.

Il peut être amélioré au point de vue de l'indéformabilité par l'interposition, entre le sol et lui, d'un lit de moellons posés à plat et destinés à répartir sur une plus grande surface de terrain, les pressions transmises aux libages de l'enrochement.

Les fondations en béton et en béton armé présentent, à première vue, l'avantage d'être plus rigides et de réduire davantage la pression par unité de surface sur le terrain. Mais il convient de remarquer que leur coût est plus élevé que celui des fondations en libages.

En l'absence de résultats d'expériences en ce qui concerne les premières, le moment n'est pas venu de les comparer aux dernières et de tirer de cette comparaison des conclusions pratiques.

II. — Chaussées pavées

Les pavages sont, presque toujours, établis sur une couche de sable de 0 m. 10 à 0 m. 20 d'épaisseur, étendue sur le fond de l'encaissement à moins que la nature du terrain n'exige

l'interposition d'un lit de cendrées entre le sol et la forme de sable.

Il n'existe donc généralement pas de fondation proprement dite.

Cependant, afin d'éviter les rapides déformations qui se marquent dans un pavage établi sur simple forme de sable, à moins que le sol sous-jacent ne soit particulièrement résistant, quelques essais de pavage sur fondations ont été faits en Belgique.

D'après les renseignements que j'ai pu recueillir en vue de la rédaction du présent rapport, ces essais sont peu nombreux et la plupart d'entre eux sont très récents. Je les décris succintement ci-après.

Fondation en ballast.

L'Administration communale de la ville d'Anvers fait usage depuis quelques années, comme fondation de pavage dans certaines rues, d'un lit de pierraille dite ballast présentant 0 m. 27 d'épaisseur après compression à l'aide d'un rouleau à vapeur. Sur cet empierrement est étendue une couche de sable qui, après damage et cylindrage, doit conserver une épaisseur de 0 m. 05 et sert d'assiette aux pavés.

Le pavage terminé est soumis également à un cylindrage.

Les chaussées ainsi établies se comportent d'une manière satisfaisante au point de vue de la conservation de la forme de la surface de roulement; mais la dépense supplémentaire résultant de la fondation en ballast est assez élevée, elle atteint, en effet, 2 fr. 75 environ par mètre carré.

Ce système de fondation a été utilisé et le sera prochainement encore par l'administration des ponts et chaussées dans l'agglomération Anversoise, notamment pour le pavage de la section du nouveau boulevard de la Pépinière, comprise entre la rue Lozane et le Rempart de Wilryck, à Anvers.

Fondation en pierraille et cendrées d'usine d'incinération d'immondices.

La ville de Bruxelles a eu recours lors de la réfection de certains pavages qui, à raison de l'humidité et de la compressi-

bilité du sol où ils sont établis et du charroi pondéreux auquel ils sont soumis, se déformaient rapidement, à une fondation en pierraille; elle est constituée par des déchets d'épinçage de pavés dont les plus grands avaient été concassés en vue d'uniformiser les dimensions des éclats mis en œuvre, que l'on additionna de cendrées provenant de l'usine communale d'incinération d'immondices.

Sur une couche de pierraille de 0 m. 10 d'épaisseur, on étendit des cendrées que l'on fit pénétrer, jusqu'à refus, dans les interstices séparant les fragments de pavés, par un arrosage abondant. Puis on recouvrit le tout d'une mince couche de cendrées pour obtenir une surface régulière, sur laquelle fut établie la forme de sable de 0 m. 10 d'épaisseur, damée et arrosée, servant d'assiette aux pavés.

Les cendrées contenant une certaine proportion de chaux, constituent un liant hydraulique qui forme avec la pierraille une espèce de béton.

Les pavages ainsi réfectionnés depuis deux ans environ se sont maintenus en bon état.

Le coût de la fondation est minime à raison du peu de valeur des matériaux utilisés.

Fondation en béton de laitier granulé.

L'administration des ponts et chaussées a fait exécuter récemment dans la province de Liége, en des endroits peu éloignés des hauts-fourneaux produisant la fonte, des fondations de pavages en béton de laitier granulé.

Dans la traverse de la ville de Huy, une fondation de ce genre a été composée de laitier granulé frais de hauts-fourneaux additionné de 1/10 de ciment en volume. Ce mélange fait avec peu d'eau, a été répandu sur le fond du coffre, damé ,puis légèrement arrosé. Sur cette fondation présentant une épaisseur de 0 m. 15, on a répandu une couche de sable dont l'épaisseur, mesurée sous la queue des pavés après damage, atteignit 0 m. 05 à 0 m. 06.

Cette fondation a entraîné une dépense supplémentaire de 1 fr. 10 par mètre carré.

Rue des Gérardchamps, à Verviers, a été réalisée une fondation en béton de laitier granulé de même composition que

celle indiquée ci-dessus; toutefois, son épaisseur a été réduite à 0 m. 12 et l'épaisseur de la couche de cendrées granulées d'usine à zinc établie sous les pavés a été fixée à 0 m. 12 également.

Les pavages dont il vient d'être question, construits il est vrai depuis moins d'un an, ne se sont pas déformés jusqu'à présent alors que des pavages voisins, établis à la même époque, avec les mêmes matériaux, sur un terrain identique, mais sans fondation spéciale, présentent déjà des flaches et ornières.

Fondation en béton de briquaillons.

Pour le prolongement, à travers un bloc de maisons, de la rue du Lombard, à Bruxelles, l'administration communale fit établir un pavage sur fondation de 0 m. 15 d'épaisseur, en béton de briquaillons ayant la composition suivante : 10 volumes de briquaillons mélangés à un mortier composé de 5 volumes de sable et de 2 1/2 volumes de chaux éminemment hydraulique de Tournai.

Après un délai minimum de dix jours pour assurer une prise complète du béton, celui-ci fut recouvert d'une couche de sable de 0 m. 08 d'épaisseur, réduite à 0 m. 05 après arrosage et damage, et sur laquelle fut étendue une nouvelle couche de sable de 0 m. 05 à 0 m. 06 d'épaisseur pour servir de forme au pavés.

La chaussée construite depuis plus d'un an, sur un sol non préparé, a généralement bien conservé sa forme primitive, malgré le trafic assez intense et assez pondéreux qu'elle a eu à supporter.

Il convient de signaler que des galeries ont été établies sous les trottoirs longeant la chaussée pour le logement des égouts et canalisations de tous genres.

Fondation en dalles de béton.

Un système de fondation dont il n'a encore été fait qu'une seule application en Belgique et malheureusement dans des conditions tout à fait désavantageuses, est celui dû à M. Ri-

chard Goeders, ingénieur civil à Fumay, et constitué à l'aide de dalles de béton.

Dans l'essai fait à Vilvorde (localité située à deux lieues environ de Bruxelles), à l'intersection de la rue d'Aubremée et du boulevard Benoît-Hanssens, à l'endroit de la ville oú se produit le trafic le plus pondéreux (350 tonnes par jour, par chargements atteignant 5 tonnes) les dalles en béton formé de sept parties en volume de laitier granulé de hauts-fourneaux moulu et d'une partie de ciment de laitier, présentent les dimensions suivantes : 0 m. 40 × 0 m. 40 × 0 m. 15, pour une moitié de la surface du pavage, et 0 m. 40 × 0 m. 40 × 0 m. 10, pour l'autre moitié.

Le dallage de fondation, établi sur une couche de sable de 0 m. 03 d'épaisseur, a été recouvert d'une forme de sable de 0 m. 10 d'épaisseur mesurée, après damage, sous la queue des pavés.

Pour les raisons suivantes, qui ne résultent pas du système de fondation, l'essai dont il s'agit ne donna pas de bons résultats.

1° Le démaigrissement des pavés à la queue était très fort; ceux-ci présentant une surface d'assiette tout à fait insuffisante se comportèrent comme des coins sous l'action des charges roulantes.

2° L'épaisseur de la forme de sable était trop considérable.

3° Une circonstance spéciale fit que les eaux vinrent s'accumuler dans la cuvette constituée par la fondation nouvelle.

Mais lors de l'exécution des relevés à bout, qui durent être effectués pour réparer la chaussée, et des sondages pratiqués à plusieurs reprises, on constata que le dallage de fondation ne s'était pas déformé.

De nouveaux essais seront effectués prochainement à l'avenue de Schaerbeek, à Vilvorde. De petites sections de pavages fortement déformées seront démontées et rétablies sur une fondation en dalles de 0 m. 50 × 0 m. 50 × 0 m. 12 en béton constitué à l'aide de sable et de ciment portland artificiel mélangés dans les proportions suivantes : 200 kilogrammes de ciment pour 1 mètre cube de sable.

Les dalles seront placées sur une couche de sable de 0 m. 03 d'épaisseur et recouvertes d'une forme en sable servant d'asiette aux pavés et présentant, après arrosage et damage, une

épaisseur de 4 centimètres, sur la moitié de chaque section, et de 6 centimètres, sur l'autre moitié.

Ces essais se feront dans des terrains de natures différentes : terrain sablonneux sec, terrain humide de consistance tourbeuse et terrain de même consistance mais mieux asséché.

Le coût de la fondation, grâce à cette circonstance que le sable peut être extrait gratuitement de terrains longeant la chaussée, n'atteindra que 2 francs par mètre carré.

*

* *

Il ne paraît pas possible de tirer des conclusions de ce qui précède.

Les essais de fondation dont il est question ci-dessus sont en général, trop récents pour que l'on puisse se prononcer en connaissance de cause sur leur valeur respective.

Toutefois, l'on peut remarquer dès maintenant que les fondations continues en pierraille ou béton, présentent l'inconvénient d'être difficilement réparables après l'ouverture, dans la chaussée, de tranchée pour le placement, l'enlèvement, le remplacement ou la remise en bon état d'une canalisation souterraine.

La fondation en pierraille, telle qu'elle est réalisée à Anvers, ne peut plus, au droit d'une tranchée, être cylindrée comme elle l'est lors de l'établissement de la chaussée. Il en résulte qu'après le comblement de la tranchée et la réparation de la fondation et du pavage, sous l'effet du tassement du remblai, le lit de pierraille et partant la chaussée s'affaissent.

Pour faire disparaître la déformation ainsi produite, il faut recommencer à plusieurs reprises le travail de réparation.

Il en est de même pour les chaussées sur fondation en pierraille et cendrées provenant de l'incinération des immondices.

L'espèce de béton constitué par le mélange décrit plus haut permet, paraît-il, une facile réparation de la fondation ; mais ce béton ne peut évidemment pas résister aux efforts de cisaillement et de flexion qui se produisent au droit de la tranchée quand les terres remblayées se tassent.

Quant aux fondations en béton de laitier ou de briquaillons, elles se réparent plus difficilement, la soudure du béton

frais au béton vieux étant toujours imparfaite. Des ruptures sont inévitables tant que la fondation n'a pas repris contact presque complètement avec le sol bien tassé.

La réparation des pavages construits sur une fondation continue de l'un des types indiqués ci-dessus est donc assez onéreuse si l'on veut conserver une chaussée bien roulante.

Il semble que l'on pourrait améliorer à cet égard la fondation en béton en y remplaçant les briquaillons par de la pierraille de petit échantillon, en y introduisant une armature métallique et en la calculant, ainsi que l'ont indiqué MM. Dufourny et Vander Vin, dans leur rapport précité, de façon à permettre l'exécution sous la chaussée de tranchées d'ouverture assez considérable. Mais ces modifications sont évidemment de nature à majorer notablement le coût de la fondation. D'autre part, n'est-il pas à prévoir que, dans les tranchées, les remblais effectués dans des conditions difficiles, seront insuffisamment comprimés et tasseront ultérieurement? Si alors deux ou plusieurs tranchées parallèles viennent à se toucher, il pourra se faire que la fondation reposera sur une longueur plus grande que celle prévue par les calculs, sur le sol, d'où des ruptures sous le passage des lourdes charges et partant nécessité de réparations importantes. Dans cette hypothèse, qui n'a rien de chimérique, la fondation en béton armé perdrait tous ses avantages, attendu que sa construction et sa réparation sont plus coûteuses que celles des autres fondations continues.

Au point de vue qui nous occupe, là où il y a à prévoir que des tranchées devront pour les raisons indiquées plus haut être ouvertes dans la chaussée, le système de fondation en dalles de béton paraît préférable aux fondations continues. En effet, si la réparation du pavage, au droit d'une tranchée, exige, comme dans les cas qui précèdent, plusieurs démontages successifs de la chaussée, l'enlèvement et le rétablissement partiels de la fondation sont aisés, rapides et partant, la réparation est relativement peu coûteuse et peu gênante pour la circulation.

La fondation continue, généralement plus économique d'établissement hormis, bien entendu, la fondation en béton armé, reprend tous ses avantages là où les canalisations peuvent être établies en dehors de la chaussée, sous les accotements ou sous les trottoirs.

Au point de vue de la dépense supplémentaire qu'entraîne l'établissement d'une fondation sous un pavage, certaines solutions décrites sommairement ci-dessus méritent d'attirer l'attention. La plus économique paraît être celle qui utilise les déchets d'épinçage et les cendrées d'incinération d'immondices, pour autant bien entendu que les transports des matières premières employées ne soient pas considérables. Une autre solution économique est celle où l'on fait usage de laitier granulé de hauts fourneaux; mais elle ne conserve cet avantage qu'à condition de n'y avoir recours que dans les contrées peu éloignées de ceux-ci.

Il convient d'observer enfin que, dans la plupart des essais de pavages sur fondations tentés en Belgique, contrairement à la recommandation contenue dans le deuxième alinéa du 2° des conclusions votées par le précédent Congrès, en ce qui concerne la première question qui lui a été soumise (dans ce cas, la pose des pavés aurait lieu sur un matelas de sable de faible épaisseur), on a placé les pavés sur une couche de sable de 10 à 12 centimètres d'épaisseur. Il est à craindre que de ce fait il ne résulte certains mécomptes qui ne seront pas imputables au type de fondation choisi.

Bruxelles, le 30 *novembre* 1909

VAN VOLSOM.

65582. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

18bis

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

RAPPORT

PAR

VERNON M. PEIRCE
Chief Engineer
Office of Public Roads
United States Department of Agriculture
Washington

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

FONDATION ET ASSAINISSEMENT DES ROUTES
en dehors des Villes

Dans la construction des routes, la fondation et l'assèchement sont des points qu'il faut étudier en même temps, car il est inutile de chercher à établir une fondation sur laquelle on aménagerait une chaussée si l'on n'a déjà commencé par assainir comme il faut le sous-sol.

FONDATION

Les routes modernes des Etats-Unis peuvent être réparties en quatre catégories, suivant le mode de constitution de la fondation : a) — celles qui n'ont pas de fondation artificielle et où les matériaux sont placés directement sur le sol naturel, auquel on s'est contenté de donner le profil voulu; b) — celles ayant une fondation de moellons; c) — celles ayant une fondation de béton; d) — celles ayant des fondations de matériaux divers, tels que gravier, pierres des champs concassées, mâchefer, briquaillons, etc... Sur les 200.000 milles (320.000 kil.) environ de routes modernes qu'on rencontre aux Etats-Unis, la très grande majorité appartient à la première catégorie. C'est chose toute naturelle, car ce que l'on désire toujours, c'est d'avoir une route coûtant le moins cher possible. C'est ce qui a conduit, non seulement à réduire considérablement l'épaisseur de nos revêtements en macadam, mais aussi à utiliser le sol naturel partout où la chose a été possible. Il en est résulté bien des échecs, mais ces échecs n'ont pas été sans avoir leur bon côté, car, tout comme les succès, ils ont contribué à faire entrer certains faits et principes fondamentaux si profondément dans l'esprit des Ingénieurs routiers que bien des erreurs et des déboires nous seront probablement épargnés à l'avenir.

MODES D'EXÉCUTION

Fondation en terre.

On en rencontre la plus grande variété aux Etats-Unis selon le climat, la topographie, la nature du sol et le genre de circulation. Naturellement, il y a lieu de changer de méthode chaque

fois qu'il s'agit de satisfaire à d'autres exigences. Nous prions le lecteur de se souvenir de ce point, car, si nous indiquons ici ce qui se pratique couramment, il y a des dérogations fréquentes et notables dues à la variété même des circonstances locales.

Les conditions essentielles qu'il faut réunir pour obtenir une bonne fondation sont les suivantes :

Il convient, tout d'abord, de supprimer tout ce qui est végétal et susceptible de céder à la pression : rien ne sert de mettre de bons matériaux de revêtement sur une mauvaise fondation. En second lieu, il faut assècher le sous-sol partout où c'est nécessaire On ne peut s'assurer de fondation durable que si l'on peut la maintenir bien sèche. Si on permet à l'eau de s'infiltrer, il ne tardera pas à se produire des points faibles, puis des affaissements. Pour mettre directement les matériaux de revêtement sur le sol, l'assèchement complet est une condition *sine qua non*. On l'obtient par bien des moyens différents, dont il sera question plus loin. En troisième lieu, il faut donner la compacité voulue à la fondation, en y passant un rouleau de poids et de forme convenables, afin que la surface soit uniforme et résistante.

C'est en consacrant à ces points toute la réflexion et l'attention voulues qu'on réussit dans la construction des routes et notamment dans l'établissement de ce qu'on a coutume d'appeler « des chaussées durables ». Il ne suffit pas que la chaussée soit profilée et assainie avec soin. Il faut que la surface sur laquelle on met la pierre concassée soit solide, unie et judicieusement bombée. Si la fondation n'est ni dure, ni solide, chaque pierre s'enfoncera sous l'action du rouleau et deviendra une non-valeur, ou bien, éventualité pire encore, le sous-sol refluera à travers les interstices des pierres et atteindra peu à peu la surface de la chaussée; dans ce cas, il n'y aura qu'à refaire complètement la chaussée. Si l'assiette n'est pas bombée, on emploiera une certaine quantité de pierraille supplémentaire dont on aurait pu se passer. Quand les matériaux de revêtement ont la même épaisseur sur toute la largeur de la chaussée, l'assiette doit avoir le même bombement que la route une fois achevée; mais quand l'épaisseur est moindre sur les côtés, il y a lieu de modifier en conséquence la convexité de l'assiette.



Assiette en terre prête à recevoir le revêtement

Pour profiler l'assiette, on a généralement avantage à se servir d'un rouleau tiré par quatre à six chevaux ou d'un tracteur. On commence par donner à la route un niveau un peu inférieur à celui que le revêtement devra avoir une fois achevé, et un bombement tel que, lorsque l'excès de matériaux qui est au milieu et qui doit être enlevé pour constituer l'assiette, aura été creusé et rejeté sur les accotements et que l'assiette aura été cylindrée jusqu'à refus, elle ait le profil voulu pour le répandage de la pierraille.

Avant de piocher l'assiette, il y a lieu de cylindrer à fond d'un fossé à l'autre pour obtenir ce profil provisoire, avec un rouleau automobile qui ne pèse pas moins de 10 tonnes. On pioche alors l'assiette, soit à la machine, soit à la main et on y passe le rouleau à vapeur, jusqu'à ce qu'elle soit dure, solide et unie. Si l'on rencontre des endroits mous pendant le cylindrage ou s'il se produit des dépressions, on enlève les matériaux qui ne conviennent pas, on ajoute de bons matériaux, qu'on pilonne et qu'on cylindre jusqu'à ce que l'assiette soit en bon état et réponde le plus possible au profil cherché.

Quand la chaussée est établie sur un remblai, il convient de disposer les terres rapportées en couches qui n'aient pas plus de 6 pouces d'épaisseur (15 cm), de cylindrer chaque couche jusqu'à ce qu'elle soit entièrement raffermie et, si c'est nécessaire, d'ajouter assez d'eau pour que les matériaux se prennent bien en une masse imperméable. On peut élever ainsi un remblai même plus compact que celui qu'on obtiendrait au bout d'une année entière de tassement naturel et ce, sans attendre et sans grand surcroît de frais. On a construit de cette manière bien des kilomètres de route à travers champs, même sur les pires sols argileux et dans des régions exposées à des variations extrêmes de chaleur, de gelée, de sécheresse et d'humidité. Il importe beaucoup de veiller avec le plus grand soin à l'établissement de la fondation et, dans bien des cas, on peut obtenir des résultats satisfaisants en construisant la chaussée sur le sol naturel à moins de frais qu'en constituant une fondation de moellons ou de béton ou bien encore un lit épais de gravier, etc... Dans beaucoup de cas, un prix de revient peu élevé est une condition absolument essentielle si l'on veut mettre des routes perfectionnées à la portée des localités. Un macadam léger établi sur fondation en terre naturelle répond très

bien aux exigences quand la circulation est modérée et l'on adopte de plus en plus ce genre de chaussées dans les districts ruraux. Quand la route est exposée à une circulation automobile intense, on trouve avantage à remplacer les criblures de pierraille par un liant spécial, dans la couche d'usure; quant au reste, la construction reste la même.

Fondations en moellons.

Les chaussées avec fondation en moellons sont généralement désignées dans notre pays sous le nom de « chaussées de Telford » et se rencontrent en bien moins grand nombre que les chaussées avec fondation en terre. Beaucoup d'ingénieurs



Etablissement d'une fondation Telford

routiers n'ont recours aux fondations en moellons que comme pis aller, sur un sol très peu résistant, ce qui est sans aucun doute le mieux à faire. On ne peut rien trouver à redire à la

fondation Telford, si ce n'est qu'elle coûte bien plus cher. Pour ce mode d'exécution, il convient de préparer l'assiette en terre à peu près comme nous venons de le décrire, avec l'assèchement et l'affermissement le plus complets possible. En général, le profil de l'assiette correspond au profil définitif de la chaussée. Parfois, on utilise pour la fondation des matériaux de qualité inférieure, qui ne conviennent pas du tout pour la couche d'usure : on réduit ainsi le prix de revient de la route. La méthode ordinaire consiste à employer des pierres de 6 à 8 pouces de hauteur (15 à 20 cm), de 3 à 8 pouces de largeur (8 à 20 cm) et de 6 à 15 pouces de longueur (15 à 38 cm). On les pose à la main, le plus près possible l'un de l'autre, leur côté le plus long formant un angle droit avec l'axe de la route. On alterne les joints; l'on fait tomber les saillies au marteau et on se sert des éclats pour combler les vides. On cylindre ensuite la fondation Telford avec un rouleau de poids convenable jusqu'à ce que les pierres soient bien consolidées. On doit retirer toutes les pierres qui ont une tendance à branler ou à pencher sur le côté, changer leur assiette, de préférence en garnissant les joints avec du gros sable de bonne qualité, et ce, jusqu'à ce que la pierre tienne bien et porte à plein. Il ne faut pas employer de pierres très longues, car elles sont sujettes à sé déchausser sous l'action de la circulation.

Ce genre de fondation exige en général beaucoup de main-d'œuvre et de charrois, ce qui est relativement coûteux aux Etats-Unis. Aussi l'ingénieur routier se voit-il obligé de rechercher le plus possible d'autres modes d'exécution. Souvent, là où l'on n'aurait pas hésité autrefois à faire une fondation Telford, on trouve qu'il revient moins cher de multiplier les tuyaux de drainage pour être à même d'exécuter une fondation en terre naturelle. Ce qu'on appelle le drain en V est très usité dans des cas semblables; alors que ce genre de construction constitue ce qu'on pourrait appeler une fondation, on a coutume de l'étudier au chapitre de l'assèchement et nous le décrirons plus loin. On a de moins en moins recours aux fondations en moellons; il dépendra de l'avenir de nous révéler si l'on y renoncera complètement.

Fondations en béton.

Les fondations en béton sont, sans aucun doute, les meilleures qu'on établisse actuellement. Le béton est résistant et



Revêtement de béton sur fondation en pierre concassée.

homogène ou peu s'en faut; aussi est-il susceptible de répartir sur une grande surface les efforts dus à la circulation; de plus, il est tout à fait imperméable, de sorte qu'il contribue à préserver l'assiette en terre de l'humidité du revêtement.

On emploie aussi bien le ciment de Portland que le ciment naturel pour ces travaux, quoiqu'on ait bien plus souvent recours au ciment de Portland. Le ciment à adopter est celui qui, tout en répondant aux conditions réglementaires, permettra de constituer entièrement la fondation le plus économiquement possible. On fait des fondations en béton dans les villes pour la majorité des revêtements de presque tous les genres et, à la campagne, on en fait pour quelques routes en briques et en macadam bitumineux. Ces routes résistent admirablement à la circulation automobile et leur entretien n'est pas dispendieux. Aussi semble-t-il certain qu'elles prévaudront de plus en plus dans un avenir prochain. On emploie le béton non seulement pour la fondation, mais aussi pour tout le corps de la chaussée, revêtement et fondation; on y réussit plus ou moins, mais c'est un mode d'exécution qui, lorsqu'on aura fait suffisamment de travaux d'essai, pourrait devenir l'un des plus courants.

On retrouve pour les fondations de béton la même tendance qu'on a déjà constatée pour le macadam : à savoir que l'on cherche à réduire l'épaisseur. Auparavant, l'épaisseur normale de la fondation pour un revêtement de première classe était de 8 pouces (20 cm) au moins de bon béton de ciment de Portland A présent, l'épaisseur normale a été abaissée à 6 pouces environ (15 cm); certaines chaussées hors traverses reposent sur fondation de béton de 4 pouces (10 cm. 16). On s'attache de plus en plus à préparer et à assècher comme il faut le fond de l'encaissement; il en coûte souvent moins que s'il fallait augmenter l'épaisseur du béton et l'on ne sacrifie pas du tout la solidité pour cela. Une fois que tous les matériaux meubles ont été enlevés, que l'assiette, bien assèchée, a été mise au profil et cylindrée à fond avec un cylindre automobile d'au moins 10 tonnes, on prépare le béton et on le répand.

On peut mélanger le béton à la machine ou à la main. Dans les deux cas, le mélange doit être poussé assez loin pour obtenir une distribution uniforme de la matière dans l'épaisseur de la masse. Il convient de choisir les matériaux eux-mêmes et



Fossé latéral profond pour le drainage longitudinal.



Tuyau de drainage en fer ondulé, emporté par les eaux,
parce que ses extrémités ne sont pas convenablement protégées.

de leur donner des proportions respectives de façon telle que le mélange soit le plus dense possible. La base sera constituée par du sable et de la pierraille ou par du gravier de grosseur convenable. Le mélange doit être le plus liquide possible, mais pas au point qu'une fois mis en place le béton chemine vers les côtés ou sorte de l'assiette; il doit être pilonné et cylindré légèrement.

On dépose le béton en cordons s'étendant sur toute la largeur de la chaussée; on le prend à la pelle sur des aires de gâchage ou de dépôt et on l'amène à pied-d'œuvre soit par pelletées soit sur des brouettes qu'on déverse sur l'assiette. Il faut étaler le béton le plus tôt possible après le gâchage; en aucun cas il ne doit s'écouler plus de 20 minutes entre le gâchage et la mise en place du béton. Le retrempage ne doit pas être admis. Une fois étalé, le béton doit être, jusqu'à ce qu'il présente une surface uniforme, bien pilonné à l'aide de pilons ayant environ 8 pouces carrés de surface (52 cmq) et pesant à peu près 18 livres (8 k. 150); ou bien cylindré avec un rouleau à main léger d'au moins 18 pouces (45 cm, 73) de diamètre, d'environ 24 pouces (60 cm, 50) de largeur et exerçant une pression d'au moins 24 livres par pouce linéaire (4 k. 3 par cm) jusqu'à ce que tous les vides soient comblés. Il convient de le maintenir humide en l'arrosant pendant une période de sept jours au moins, la fondation une fois achevée; on peut poser le revêtement ou surface d'usure dès que le béton est complètement sec.

Fondations diverses.

Les routes avec fondations diverses ne représentent qu'une faible proportion de nos routes modernes. Les matériaux qu'on emploie le plus communément pour ces fondations sont la pierraille, les briquaillons, le gravier et les matériaux extraits à la pioche d'anciennes chaussées ou de vieux revêtements; on s'en sert parfois aussi bien pour un revêtement en briques et pour un revêtement bitumineux que pour un macadam ordinaire.

L'épaisseur de ces matériaux après cylindrage varie ordinairement entre 4 et 12 pouces (10 cm, 16 et 30 cm, 48); les vides devront être aussi bien remplis que possible par du sable ou autre liant convenable. A moins que le sous-sol ne soit pas très poreux et bien drainé, il est essentiel de donner à ces sortes

de fondations une surface d'usure imperméable. C'est chose tout spécialement nécessaire dans les régions où règne un climat hibernal froid, car les fondations seraient alors exposées à se désagréger sous l'action de l'eau et de la gelée.

D'autres fondations diverses consistent en troncs d'arbres (fondations à côtes) ou bien en planches. Ces dernières sont plus usitées, car elles reviennent moins cher et sont plus satisfaisantes. On ne doit recourir à ces fondations que lorsqu'elles sont exposées tout le temps à l'humidité, comme c'est le cas dans des localités qui doivent être protégées par des digues et ont continuellement de l'eau presque à fleur du sol. Il n'est pas pratique d'établir sur une grande longueur une fondation à côtes, car le prix de revient en est beaucoup plus élevé que celui des planches. On fait une fondation à côtes en disposant des troncs d'arbres dans le sol dans le sens de la longueur de la route, à environ 3 pieds de distance (0 m, 91) pour les faire servir comme de longerons, le dessus de ces trons étant autant que possible horizontal. On met alors en travers, le plus près possible les uns des autres, des troncs qu'on cloue aux longerons.

Pour faire une fondation en planches, on dispose dans le sens de la longueur de la route des longerons de 3 à 6 pouces (7 cm. 6 à 15 cm. 2) distants d'environ 3 pieds (0 m. 91). On les enfonce dans le sol de façon que le dessus soit horizontal et à fleur du sol suivant un même profil transversal. On place alors des planches de 1 pouce (2 cm. 54) en travers des longegerons et clouées sur ces longerons, en formant un certain angle; par dessus, on met une autre couche de planches de 1 pouce, en travers également et formant le même angle, mais renversé; on cloue le tout ensemble. La fondation est alors toute prête pour recevoir les matériaux de revêtement dont l'épaisseur variera avec les circonstances et la pratique usuelle.

On a employé avec succès pour les fondations de routes toutes sortes de laitiers de hauts fourneaux et de fonderies de minerais. On considère ordinairement les laitiers comme des non-valeurs et, par suite, les industriels sont heureux de s'en débarrasser et les vendent à un prix inférieur à celui de la pierre ou d'autres matériaux durs; il en est résulté que l'on a employé le laitier dans une large mesure pour la construction des routes dans les localités voisines de monceaux de laitier.

On prend ordinairement le laitier dans le creuset des hauts fourneaux, à l'état de fusion, et on le transporte par wagonnets du haut fourneau à l'endroit où on l'entasse. Là, il s'accumule en monceaux et on le laisse refroidir; il se transforme en une colline ou un banc de pierre pour ainsi dire. On exploite alors les monceaux absolument comme des carrières de pierre; on se sert de puissants excavateurs à vapeur pour les extraire et l'on brise le laitier en fragments convenables pour les utiliser dans les fondations des routes, ou bien on les fait passer pas un concasseur ordinaire qui donne les grosseurs voulues.

Les laitiers acides ne constituent un lien véritable que lorsqu'ils sont raffermis par le cylindrage; au contraire, les laitiers basiques forment non seulement un liant véritable, mais subissent encore une réaction chimique lorsqu'ils sont soumis aux agents ordinaires des fondatons de routes; il en résulte une agglutination de tous les éléments et une sorte de fondation de béton. Ainsi donc, ces matériaux donnent une fondation excellente quand on prend les précautions voulues. Les résultats obtenus ont été si satisfaisants qu'on emploie maintenant le laitier pour tout le corps de la chaussée, fondation et revêtement. dans certains cas, on a fait des expériences avec d'autres matériaux pour donner la cohésion au laitier du revêtement. Quand on aura fait plus de travaux d'essai dans ce sens, on arrivera probablement à établir des chaussées de ce genre avec plein succès et à peu de frais dans certaines localités.

ASSAINISSEMENT

Le principe le plus important dans la construction des routes est celui de l'assainissement, qui doit être complet et obtenu par les moyens appropriés. Le sous-sol qui forme le fond de l'encaissement doit en dernière analyse supporter les charges circulant sur la route. Naturellement, la pression sur le sol est loin d'être aussi grande qu'elle l'est sur la couche d'usure, puisque la pression intense exercée par les roues se trouve répartie sur une bien plus grande surface dans une proportion qui dépend de l'épaisseur, de la nature et de l'état des matériaux de la chaussée. Mais, quelle que soit la répartition, la charge se trouve en définitive transmise au sol.

Le sol sera plus ou moins capable de supporter la charge suivant qu'il sera plus ou moins exempt d'humidité. Beaucoup



Drainage profond par rangées de tuiles longitudinales.

de sous-sols peuvent être comprimés de façon à constituer une bonne fondation très résistante tant qu'on peut la conserver bien sèche; mais, dès l'apparition de l'humidité, ils se ramollissent, perdent leur cohésion et aussi, dans une large mesure, leur faculté de supporter les charges. Dans les régions froides, il faut ajouter la détérioration causée par la gelée; mais la gelée n'a pas d'effet sur les matériaux secs. C'est donc de la pénétration de l'eau qu'il faut préserver le plus possible les fondations.

L'assèchement est de deux sortes : l'assèchement superficiel et l'assèchement profond. L'assèchement superficiel s'obtient par l'emploi de matériaux plus ou moins imperméables pour le revêtement et par l'adoption d'un profil transversal qui permette à l'eau de pluie de s'écouler rapidement vers les caniveaux ou fossés. On peut dire que la plupart de nos routes modernes à travers champs ont un profil constitué par deux plans inclinés légèrement arrondis à leur intersection au milieu de la chaussée. L'inclinaison vers les fossés varie entre 3/8 de pouce et 1 pouce par pied (3 cm. 13 à 8 cm. 34 par mètre). Pour les routes en macadam ordinaire, dont le revêtement a une largeur de 12 à 16 pieds (3 m. 65 à 4 m. 85), on adopte communément une inclinaison de 3/4 à 1/2 pouce par pied (6 cm.25 à 4 cm. 17 par mètre). Aux accotements en terre, entre la pierraille et le fossé, on donne ordinairement une pente de 1 pouce à 1 pouce 1/2 par pied (8 cm. 34 à 12 cm. 51 par mètre) ce qu'on a trouvé très suffisant. On a peu fait jusqu'à maintenant pour déterminer l'inclinaison la plus convenable suivant les diverses déclivités des chaussées. Sans doute a-t-on suivi, plus que toute autre, ici, pour le bombement, la formule

$$H = \frac{W\,(100 - 4\,P)}{5000},$$

où H représente la pente par pied, W la largeur de la route entre accotements et P le pourcentage de déclivité de la route; mais cette formule est loin d'être parfaite et il y a lieu d'étudier ce point.

Les fossés et les aqueducs transversaux doivent être larges en prévision des plus fortes pluies d'orage, et comme la hauteur annuelle des pluies varie extrêmement dans les Etats-Unis (de plus de 250 mm. à moins de 7 mm. 5), on s'explique immédiatement pourquoi les dimensions, la forme et la décli-



Drain en V.

vité des fossés et aqueducs sont si différents suivant les régions. Partout où c'est possible, il faut cependant que l'inclinaison du plafond des fossés ne soit pas inférieure à 6 pouces par 100 pieds (5 mm. par mètre).

Dans nos routes hors traverses, les caniveaux ou les fossés ne sont pas pavés, sauf sur les pentes raides, où la rapidité et le volume des eaux d'évacuation sont suffisants pour occasionner une véritable érosion.

Les aqueducs sont en bois, en poterie, en fer, en ciment ou en béton simple ou armé. Le bois, comme matière servant à la construction des aqueducs, ne tarde pas à s'user : il convient d'y renoncer complètement. Pour les canaux de moindre dimension, les conduites en poterie et en ciment rendent de bons services dans les climats chauds. Dans les régions très froides, les conduites de poterie ou de ciment ordinaire se trouvent souvent brisées, lorsqu'un dégel est suivi immédiatement d'un regel très vif. Le béton armé ne semble pas avoir à en souffrir et devrait être adopté pour tous les grands aqueducs.

Tous les aqueducs construits avec l'un ou l'autre de ces matériaux doivent avoir leurs extrémités protégées par du béton, afin d'empêcher que les matériaux proches des extrémités ou que l'aqueduc lui-même ne se trouvent emportés par les eaux. Nous joignons une figure montrant un tuyau en fer ondulé hors d'usage par suite de rupture due à ce que les extrémités n'étaient pas garnies de béton.

L'assèchement en profondeur implique l'évacuation de l'eau souterraine à une profondeur suffisante pour l'empêcher de nuire à la route, et cette profondeur doit être différente suivant les variations de température auxquelles est exposé le sous-sol et suivant sa nature, sans jamais être inférieure à 2 pieds (60 cm. 95) par rapport au niveau du revêtement. La méthode généralement suivie pour évacuer l'eau souterraine consiste à mettre des tuiles de drainage de 4 à 12 pouces de diamètre (10 cm. 16 à 30 cm. 48) à un niveau convenable qui ne soit pas à moins de 3 pieds (0 m. 91) en dessous du revêtement de la chaussée. Il peut y avoir une rangée de ces tuiles des deux côtés de la route, une rangée unique d'un seul côté ou sous le milieu de la route. Quand on constate que le courant des eaux souterraines se dirige fortement vers l'un des côtés, comme cela se rencontre sur les versants de coteaux, il suffit

d'une seule rangée de drains coupant le courant avant qu'il atteigne la route. Dans les terrains bas et marécageux, où le courant de l'eau n'est pas bien défini, ainsi que dans des terres qui retiennent l'eau, il faut une rangée de tuiles de chaque côté pour préserver convenablement la route. Dans les terres spongieuses, il est bon de poser les tuiles sur une couche de 4 pouces environ (0 cm. 10) de gros sable ou de gravier fin et de les en recouvrir sur une épaisseur d'un pied au moins (30 cm. 48). Non seulement on acquiert par ce moyen l'assurance que les joints et les pores de la tuile ne seront pas obstrués par l'argile presque imperméable, mais on ménage ainsi un plus grand réceptacle collecteur pour les eaux qui filtrent dans le sous-sol.

Une des méthodes de drainage de date récente et qui a donné toute satisfaction, consiste à faire des drains en V. A cet effet, on creuse le sous-sol sur toute la largeur de la chaussée et on augmente la profondeur de 6 à 8 pouces (15 à 20 cm.) sur les côtés et de 12 à 18 pouces (30 à 45 cm.) au milieu, pour former une tranchée en V aplati. Ceci fait, on comble l'excavation avec des cailloux et des galets ayant dans leur plus grande largeur de 1/2 à 12 pouces (1 cm. 27 à 30 cm. 5) en mettant les plus grosses pierres au fond de la tranchée qui doit être striée longitudinalement pour permettre à l'eau de couler plus facilement tout le long. On n'a pas besoin de disposer ces pierres avec soin, mais il faut les mettre de telle façon qu'on puisse les comprimer avec un rouleau pour constituer une fondation convenable. L'eau drainée par ce système doit s'écouler vers les têtes d'aval par d'étroits canaux remplis de pierres de même grosseur, tout comme l'eau drainée par tous les systèmes de drainage souterrain serait conduite aux fossés latéraux, aqueducs ou débouchés à ciel ouvert par les moyens appropriés à chaque système.

Le mode d'exécution diffère beaucoup dans ses détails suivant les régions, mais l'utilisation des tuiles longitudinales et des drains en V pour amasser et évacuer l'eau est très répandue et prend une extension rapide. L'expérience apprend de plus en plus aux constructeurs de routes qu'en règle générale il revient en fin de compte meilleur marché de drainer que de faire des fondations coûteuses et qu'on obtient aussi de meilleurs résultats. Il est nécessaire de maintenir la terre sèche, dure et résis-

tante pour assurer à la route une longue durée sans que l'entretien en soit onéreux. Aussi faut-il que l'eau de pluie tombant sur la route soit évacuée rapidement et efficacement et que l'eau souterraine soit interceptée et détournée avant d'atteindre l'assiette de la route où elle peut occasionner des dégâts.

Un assainissement complet et une fondation convenable sont donc les premiers et les plus importants des points auxquels il faille veiller dans la construction des routes. On peut réaliser ces deux objets si l'on assure l'évacuation de l'eau, de quelque source qu'elle vienne, et si l'on fait une fondation en terre ou une autre fondation en recourant au cylindrage ou à un traitement semblable jusqu'à ce que la fondation acquière assez de consistance pour supporter les charges qui passeront sur la route; pourvu qu'on surveille les travaux, qu'on emploie des matériaux convenables et qu'on les dispose comme il faut, on réussira certainement dans l'établissement de la route.

VERNON M. PEIRCE.

(*Trad. Blaevoet.*)

66550. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

RAPPORT

PAR

L. PIERRET
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
à Amiens

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

FONDATION ET ASSAINISSEMENT DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La construction des chaussées est soumise aux lois fondamentales de la construction en général.

Parmi ces lois, une des plus essentielles exige que la pression transmise au sol par unité de surface soit en rapport avec sa résistance. Si cette condition n'est pas remplie, l'ouvrage est exposé à de graves désordres ou même à la ruine.

De là, si le sol n'est pas en état de supporter directement le poids de l'ouvrage et de ses surcharges, la nécessité d'une *fondation* qui assure une répartition convenable des pressions.

Mais il peut arriver que les désordres provoqués par l'absence d'une fondation aboutissent à un état d'équilibre qui permet à l'ouvrage de subsister néanmoins et de remplir l'office pour lequel il a été construit.

Pour les chaussées mal fondées, rien de semblable, les désordres qu'elles éprouvent se reproduisent indéfiniment avec la répétition des circonstances qui en ont déterminé la première apparition. On peut améliorer une chaussée dont le revêtement est défectueux; au contraire, pour une chaussée mal assise, il n'est le plus souvent d'autre remède que de la reconstruire entièrement.

L'étude du mode d'assiette des chaussées présente donc une importance toute particulière.

Mais la résistance du terrain naturel aux pressions que lui transmet la chaussée peut être accrue si on le soustrait à l'action de l'humidité qui le détrempe.

L'étude de l'assainissement du sol est donc intimement liée à celle de la fondation des chaussées et c'est avec juste raison qu'on a fait de cette double étude, dans le programme du Congrès, l'objet d'une seule et même question.

La différence des modes d'exécution nous conduit à traiter séparément le cas des chaussées *empierrées* et celui des chaussées *pavées.*

II. — CHAUSSÉES EMPIERRÉES

On ne conteste plus aujourd'hui l'utilité de la fondation pour les chaussées empierrées; on discute seulement l'importance du rôle qu'il convient de lui attribuer.

L'accord n'a pas toujours été aussi près de se faire et, après avoir dit qu'il fallait des fondations partout, on a proclamé qu'il n'en était besoin nulle part.

C'est un ingénieur français, Trésaguet, Ingénieur en Chef de la généralité de Limoges, qui a fait les premières études sérieuses sur la construction des chaussées, dans un mémoire célèbre de 1775.

Trésaguet a formulé cette règle : que les chaussées devaient être établies sur une fondation en moellons posés de champ, affermis et battus à la masse dans le fond d'un encaissement réglé lui-même parallèlement à la surface.

Trésaguet donnait aux chaussées 18 pieds (5 m. 80) de largeur et 10 pouces (0 m. 27) d'épaisseur; tantôt bombées et tantôt creuses, suivant les circonstances, ses chaussées avaient, dans le premier cas, 6 pouces (0 m. 16) de flèche et, dans le second, de 4 à 6 pouces (0 m. 11 à 0 m. 16).

La règle de Trésaguet qui prescrivait en toute circonstance une fondation très coûteuse, était beaucoup trop absolue; elle ne fut pas d'ailleurs suivie partout, même en France; en Angleterre, Mac-Adam fit prévaloir des idées tout opposées au commencement du dix-neuvième siècle.

Mac-Adam contesta résolument l'utilité de la fondation sous les empierrements et proclama qu'on pouvait la supprimer dans tous les cas, sauf à augmenter jusqu'à 0 m. 25 l'épaisseur de la couche de pierres cassées et à l'établir avec plus de soin. Il proscrivit d'ailleurs l'encaissement creusé dans le sol et recommanda d'élever l'empierrement le plus possible afin d'assurer l'écoulement des eaux de pluie vers les terres riveraines. Enfin, il signala comme une condition essentielle d'une bonne chaussée, l'imperméabilité.

Malgré le soin de Mac-Adam de tenir aussi sèche que, pos-

sible l'assiette de l'empierrement, son système était, comme celui de Trésaguet, beaucoup trop absolu; nul ne conteste plus aujourd'hui l'utilité de la fondation ni celle de l'encaissement et la vérité réside dans une combinaison convenablement adaptée aux besoins de la pratique, de ces deux dispositifs: la *fondation* et l'*assainissement*, dont l'idée première remonte pour l'un à Trésaguet et, pour l'autre, à Mac-Adam.

Cette courte excursion dans le passé et cet hommage rendu à deux illustres ingénieurs nous amènent ainsi au vif de la question.

Pour apprécier l'importance qu'il convient de donner à la fondation d'un ouvrage, le constructeur doit se faire une idée précise de l'ouvrage lui-même et des charges qu'il est appelé à supporter.

L'ouvrage, ici, c'est la couche de matériaux cassés sur laquelle s'effectue la circulation. Son épaisseur varie généralement de 0 m. 10 à 0 m. 15; sa largeur, la grosseur et la résistance des fragments qui la composent dépendent de l'importance de la circulation. Pour une circulation légère, une largeur de 3 m. 00 et des calcaires menus et peu résistants peuvent suffire; une forte circulation exige 6 mètres et plus de chaussée avec des matériaux très durs (porphyres, trapps, basaltes, etc.) cassés à la grosseur de 0 m. 08 ou 0 m. 10.

Quant aux charges qu'une chaussée est appelée à supporter, elles dépendent essentiellement des circonstances locales; mais dans l'étude de ces circonstances, on ne doit pas perdre de vue que l'amélioration de la viabilité conduit les usagers de la route à augmenter le poids de leurs chargements. Les régions du Nord de la France où se cultive la betterave à sucre en fournissent la preuve: on y voit, en effet, circuler maintenant d'énormes tombereaux à un *essieu* qui ne pèsent pas moins de 9000 kilos avec leur chargement alors que le poids de semblables véhicules dépassait rarement 5000 à 6000 kilos il y a vingt ans.

Les dimensions de la chaussée, sa constitution, les charges qu'elle est appelée à supporter étant déterminées, comment doit-on l'asseoir?

Si on l'établit sur le rocher, il n'est assurément besoin d'aucune fondation; il en est, en pareil cas, d'une chaussée comme d'un ouvrage quelconque, on peut l'asseoir directement sur le

sol naturel. Encore faut-il toutefois, dans les pays où la gelée se fait sentir, que la roche ne soit pas gélive.

Dans tous les autres cas une fondation est nécesssaire. Mais quelle fondation?

Le premier Congrès de la Route a posé avec juste raison ce principe que: dans le choix du système de fondation, il convient de tenir compte de la nature du sous-sol, de la nature de la chaussée, du trafic et des véhicules appelés à circuler sur la route.

C'est donc une étude à faire dans chaque cas; mais on peut serrer la question d'un peu plus près.

Chaussée établie sur une roche dure mais gélive. — Si l'encaissement est ouvert, sous un climat froid, dans une roche dure mais gélive, il faut le creuser à une profondeur telle que le fond soit à l'abri de la gelée, profondeur variable naturellement avec le climat mais qui, en France, ne dépasse pas généralement 0 m. 35 à 0 m. 40. La roche enlevée est remplacée par du sable ou de la terre de bonne qualité et on est ainsi ramené au cas suivant.

Chaussée établie en terrain non rocheux, mais sec. — Si l'encaissement est ouvert dans le sable ou dans l'argile ou dans un terrain argilo-sablonneux et s'il est placé au-dessus du niveau de la nappe d'eau, la fondation peut consister simplement en une couche de matériaux de moindre valeur et d'un cassage plus grossier que ceux du revêtement. Elle se composera par exemple de gros cailloux bruts ou d'éclats de grès, de fragments de calcaires non gélifs, etc. de 0 m. 08 à 0 m. 15 de grosseur, employés sur une épaisseur de 0 m. 10 à 0 m. 30.

L'épaisseur de la fondation et la grosseur des matériaux qui la composent dépendent d'ailleurs de la nature du sol et de l'importance de la circulation.

Enfin, la fondation doit être grossièrement cylindrée avant le répandage de la couche de revêtement.

L'expérience montre que, en pareil cas, il est en général inutile de se préoccuper de l'assainissement de l'encaissement, à condition: 1° que la chaussée ait un bombement suffisant pour assurer l'écoulement immédiat des eaux de pluie; 2° qu'elle soit imperméable, condition qui d'ordinaire se trouve

tout naturellement remplie mais qui l'est surtout moyennant un choix judicieux de la matière d'agrégation (par exemple, sable calcaire employé avec des pierres siliceuses); 3° que les accotements n'opposent aucun obstacle à l'écoulement des eaux de pluie, ce à quoi satisfont surtout des accotements dérasés au niveau et suivant le plan de pente des reins de la chaussée (disposition si favorable, d'autre part, à la circulation automobile); 4° enfin, que la plate-forme de la route soit bordée de fossés, si elle est au niveau ou en contrebas des terres riveraines.

Chaussée établie en terrain non rocheux et humide. — Si l'encaissement est ouvert dans un terrain humide, deux cas sont à distinguer suivant qu'il peut ou ne peut pas être assaini.

Le premier cas suppose la possibilité de border la plateforme de la route de fossés latéraux offrant une pente d'au moins 0 m. 004 à 0 m. 005 vers un point bas où les eaux trouvent une issue.

Dans ce cas, il convient d'assainir l'assiette de la chaussée en ouvrant dans le fond de l'encaissement des rigoles transversales, de 0 m. 20 à 0 m. 30 de largeur sur autant de profondeur, qui vont déboucher dans les fossés latéraux. On remplit ces rigoles de pierres cassées et, à la traversée des accotements, on les recouvre de gazons. Leur espacement peut varier de 5 à 20 mètres, suivant la nature du sol et son degré d'humidité. Quant aux fossés, ils reçoivent eux-mêmes les dimensions que comportent leur pente et le volume d'eau à écouler.

Enfin, il est nécessaire d'assurer l'évacuation des eaux de pluie en donnant à la chaussée un bombement convenable, en la faisant imperméable, et en débarrassant les accotements de tout obstacle à l'écoulement des eaux.

Si l'assainissement de l'encaissement n'est pas possible, et c'est généralement le cas, il faut lui donner un supplément de profondeur, de 0 m. 20 à 0 m. 30, et remplir de sable cette excavation supplémentaire.

Il convient d'ailleurs, même dans ce cas, de border la plateforme de fossés latéraux, parce que ces fossés, alors même qu'on ne peut leur donner aucune pente, déterminent une ligne de dépression dans la nappe, grâce à l'évaporation

qu'ils favorisent, et procurent ainsi un certain assainissement. Au surplus, ces fossés sont nécessaires pour recueillir les eaux de pluie.

Quant à la fondation de la chaussée, elle est dans les deux cas constituée de la manière indiquée plus haut pour les terrains secs et assise soit directement sur le fond de l'encaissement, si celui-ci peut être assaini, soit sur le lit de sable qui remplit l'excavation supplémentaire, si l'assainissement n'est pas possible.

Si la nature du sol ne permet pas de cylindrer la fondation, il convient tout au moins de la damer; il pourra même être justifié, dans certains cas, de poser à la main les matériaux qui la composent pour assurer leur exacte juxtaposition.

Chaussée établie en terrain marécageux. — Le cas des terrains simplement humides, que nous venons d'examiner laisse naturellement de côté celui des *terrains marécageux sans consistance* sur lesquels on ne peut asseoir une chaussée qu'à la faveur de procédés spéciaux, lits de joncs ou de fascines, dalles juxtaposées, cuvette en béton armé, etc.

Nous ne nous attarderons pas à décrire ces procédés qui ne trouvent en général leur application que pour des routes de fortune ou dans les cas tout à fait exceptionnels qui ne rentrent pas dans le cadre d'une étude d'ordre général.

III. — CHAUSSÉES PAVÉES

On peut, à la rigueur, établir une chaussée d'empierrement sur un sol marécageux sans consistance; mais il ne viendrait à l'idée de personne d'y asseoir une chaussée pavée; on n'y réussirait, en tout cas, qu'au prix d'énormes dépenses, rarement justifiées.

Dans la pratique courante, la seule dont nous ayons à nous occuper, les terrains sur lesquels les chaussées pavées doivent être construites présentent toujours une réelle consistance.

Or, même dans ce cas, on ne peut formuler sans hésitation cette règle absolue: qu'il est toujours nécessaire d'interposer une fondation entre un pavage et le sol naturel.

Cette règle est la conséquence inévitable de ce fait que chaque pavé reçoit isolément et intégralement les charges que lui transmettent les roues des véhicules d'où la nécessité de placer entre le pavé et le sol, une matière élastique susceptible de répartir les pressions.

Elle s'applique même dans le cas où le sol est un rocher dur et non gélif; en pareil cas, en effet, les pavés s'ils étaient posés directement sur le fond de la forme, résisteraient mal aux lourdes charges et aux chocs violents auxquels ils sont soumis; ces chocs, à l'amortissement desquels le pavage ne contribuerait en aucune façon, se traduiraient pour les véhicules en trépidations et cahots insupportables; la chaussée serait dure et sonore et la circulation très pénible.

Une fondation est donc nécessaire en toute circonstance sous un pavage.

Mais comment la constituer?

Le sable fournit dans tous les cas une excellente solution; les règles de son emploi sont les suivantes:

Si le sol est un rocher dur et non gélif, une épaisseur de sable de 0 m. 05 à 0 m. 10 suivant la nature des pavés et l'importance de la circulation, suffit pour remédier aux inconvénients que nous avons signalés plus haut.

Si le rocher est gélif, il faut donner à la couche de sable une épaisseur suffisante pour mettre le fond de la forme à l'abri de la gelée.

Si le pavage doit être établi sur un terrain non rocheux mais sec, une fondation de sable de 0 m. 15 à 0 m. 25 d'épaisseur, suivant la nature du sol et l'importance de la circulation, suffit en général.

Enfin le sable convient encore dans le cas d'un terrain non rocheux et humide, soit qu'on l'assainisse, si l'assainissement est possible, soit que, dans le cas contraire, on approfondisse la forme pour remplacer le terrain naturel par du sable tassé. Dans les deux cas, on procède de la manière indiquée plus haut pour les chaussées empierrées.

Quant au sable à employer sous les pavages, il doit être parfaitement pur, pour ne pas se transformer en boue sous l'action de l'eau qui peut l'atteindre et de cette sorte de malaxage qu'il subit par l'effet des variations incessantes de pression auxquelles il est soumis.

Il doit être d'un grain moyen; trop fin, il manquerait de

corps; trop gros, il n'assurerait pas la transmission uniforme des pressions.

Enfin il doit être employé par couches de 0,08 à 0,10 d'épaisseur, soigneusement arrosées et pilonnées, pour être incompressibles.

Il convient d'ailleurs de donner à la forme le même bombement qu'à la chaussée si l'on craint que, sous l'action de l'eau de pluie, qui nécessairement pénètre plus ou moins par les joints du pavage, le sol ne se détrempe et ne perde sa cohésion, il est bon de ménager à travers les *accotements*, de distance en distance, et surtout aux points bas du profil en long, des rigoles qu'on remplit de sable ou de pierre cassée et qui évacuent les eaux d'infiltration dans les fossés latéraux. Mais, en général, cette dernière précaution n'est pas nécessaire, parce que la quantité d'eau de pluie qui pénètre par les joints d'un pavage bien établi est minime et se trouve retenue dans la masse du sable sous-jacent.

Mais les fondations en sable sont rarement exécutées avec tous les soins voulus; aussi arrive-t-il que des déformations se produisent dans les chaussées pavées soumises à une forte circulation.

On a songé, pour éviter ces déformations, notamment dans les traversées des villes, à établir les pavages sur une fondation rigide constituée soit par une couche de béton, de 0 m. 12 à 0 m. 20 d'épaisseur, soit par une couche d'empierrement cylindré.

Mais l'expérience a montré qu'il est nécessaire, en pareil cas, pour éviter d'avoir une chaussée dure et sonore, d'interposer entre le pavage et sa fondation un matelas de sable de 0 m. 05 à 0 m. 10 d'épaisseur.

Moyennant cette précaution, les fondations rigides rendent d'excellents services dans les sections très fréquentées notamment dans celles où la présence de voies de tramways exige que la chaussée soit indéformable et dans celles où le sol est de mauvaise qualité.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les considérations qui précèdent peuvent être résumées ainsi sous forme de conclusions :

I. — Chaussées empierrées.

a) Dans tous les terrains autres que le rocher non gélif, les chaussées empierrées doivent être établies sur une fondation.

b) Si l'encaissement est ouvert dans un rocher gélif, il doit être approfondi de telle sorte que le fond soit à l'abri de la gelée (dans les pays où son action se fait sentir). L'excavation supplémentaire ainsi pratiquée est remplie de bonne terre ou de sable pilonné et l'on est alors ramené au cas suivant :

c) Si l'encaissement est ouvert dans le sable, ou dans l'argile, ou dans une terre argilo-sablonneuse, la fondation peut, en général. être constituée par un matelas de pierres cassées d'une valeur moindre et d'un cassage plus grossier que ceux de la couche du revêtement.

L'épaisseur de la fondation peut varier de 0 m. 10 à 0 m 30 ; elle dépend d'ailleurs, ainsi que le choix des matériaux qui la composent, de la nature du sol, de l'importance de la circulation, du genre de véhicules, etc.

Si le terrain est sec, la fondation est assise directement sur le sol.

Il en est encore de même si le terrain est humide et peut être assaini. Le mode d'assainissement le plus simple consiste à disposer dans le fond de l'encaissement des drains transversaux en pierres cassées qui débouchent dans les fossés latéraux. La dimension de ces drains peut varier de 0 m. 20 à 0 m. 30 en largeur et en profondeur, et leur espacement de 5 mètres à 20 mètres, suivant la nature du sol et son degré d'humidité.

Si l'assainissement n'est pas possible, il faut augmenter la profondeur de l'encaissement de 0 m. 20 à 0 m. 30 et

remplacer le déblai supplémentaire ainsi retiré par du sable pilonné sur lequel on asseoit la fondation.

d) Dans tous les cas, on doit s'attacher à ce que les matériaux de la fondation soient parfaitement enchevêtrés et coincés les uns contre les autres, soit en les cylindrant légèrement, soit en les damant, soit même, au besoin, en les posant à la main.

La chaussée doit, de plus, recevoir un bombement convenable, être aussi imperméable que possible, bordée d'accotements qui n'offrent aucun obstacle à l'écoulement des eaux de pluie et de fossés latéraux de dimensions suffisantes.

e) Dans les terrains marécageux sans consistance, les chaussées empierrées doivent être fondées à l'aide de dispositifs spéciaux: lits de fascines ou de roseaux, dalles juxtaposées, cuvette en béton armé, etc., dispositifs dont l'étude doit être faite dans chaque cas.

II. — Chaussées pavées

a) Les chaussées pavées doivent toujours être posées sur une fondation pour la constitution de laquelle le sable peut être adopté dans la plupart des cas, à la condition d'être bien choisi et bien employé.

b) L'épaisseur de la fondation en sable varie de 0 m. 05 à 0 m. 25 suivant la résistance du sol, la nature et l'importance de la circulation.

c) La fondation est établie directement sur le terrain naturel, s'il est sec et insensible à l'action de la gelée (dans les pays où cette action se fait sentir) ou bien s'il est humide et peut être assaini.

Dans ce dernier cas, l'assainissement de la forme peut être pratiqué au moyen de pierrées transversales comme pour les chaussées empierrées.

Si le terrain naturel est humide et ne peut être assaini ou bien s'il est sensible à l'action de la gelée, on l'enlève sur une profondeur de 0 m. 20 à 0 m. 30 et on le remplace par du sable.

d) Le sable employé en fondation de pavage doit être parfaitement pur et d'un grain moyen; il est essentiel qu'il soit répandu par couches, de 0 m. 08 à 0 m. 10 d'épaisseur au plus, soigneusement arrosées et pilonnées.

e) Si l'on a lieu de craindre que l'eau de pluie ne pénètre par les joints du pavage jusqu'au fond de la forme et ne l'altère, il convient d'assurer son évacuation dans les fossés latéraux, au moyen de drains en sable ou en pierre cassée, disposés en travers des accotements de distance en distance et notamment aux points bas du profil en long.

f) Dans les traverses des villes, dans les sections où existent des voies de tramway noyées dans la chaussée, et dans celles où le sol est de mauvaise qualité, l'importance de la circulation peut justifier l'établissement du pavage sur une fondation rigide en béton ou en empierrement cylindré, de 0 m. 12 à 0 m. 20 d'épaisseur. Dans ce cas, il convient pour éviter que la chaussée ne soit dure et sonore, d'interposer une légère couche de sable de 0 m. 05 à 0 m. 10 entre le pavage et sa fondation.

Amiens, le 20 *Octobre* 1909.

PIERRET,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

65539. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

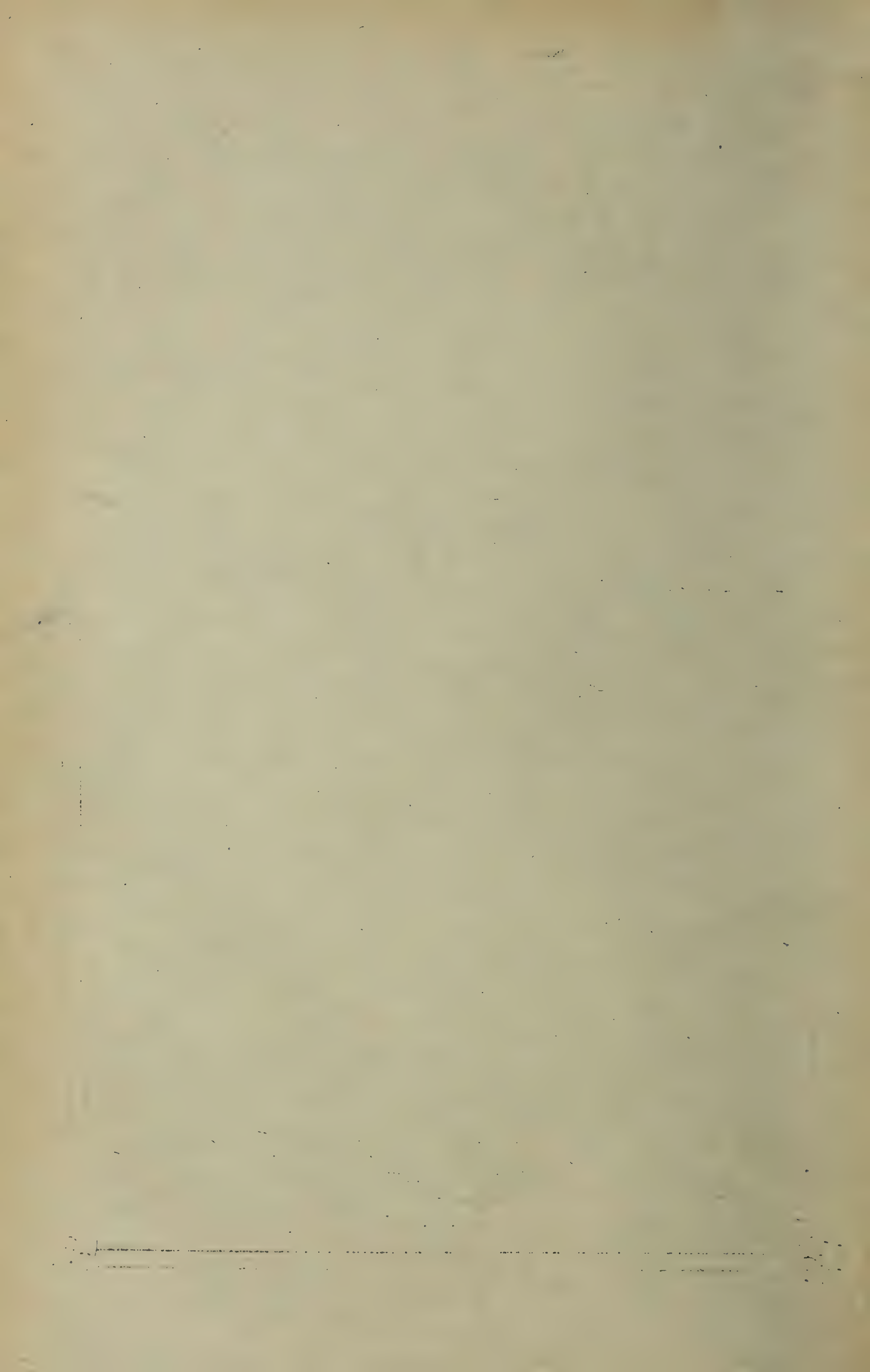
RAPPORT

PAR

CH. LELIÈVRE
Agent-Voyer d'arrondissement honoraire
Professeur à l'École Spéciale de Travaux Publics
à Versailles

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910



FONDATION ET ASSAINISSEMENT

DES CHAUSSÉES

MODES D'EXÉCUTION

En tête des conclusions votées par le premier Congrès international de la route, à Paris, sur la première question « la Route actuelle », il est dit :

« Le Congrès appelle l'attention des constructeurs sur la résistance, les soins, le mode d'exécution et le rôle important de la fondation des chaussées, cette partie influant considérablement sur l'usure et la conservation du profil de la chaussée.

« Dans le choix du système de fondation, on tiendra compte de la nature du sous-sol, de la nature de la chaussée, du trafic et des véhicules qui circulent sur la route. »

De nombreux et très intéressants rapports avaient, en effet, à l'occasion de l'examen des revêtements, signalé l'utilité capitale des fondations, ainsi que l'opportunité d'une étude spéciale sur le sujet.

C'est cette étude que l'Association Internationale des Congrès de la Route a comprise, sous le numéro 2 des questions qui seront soumises au Congrès de Bruxelles, en 1910; sous le titre : *Fondations et assainissement des chaussées. Modes d'exécution.*

Selon le désir qui nous en a été exprimé par MM. les Membres composant le Bureau Exécutif de la Commission internationale, nous nous sommes chargés de ce travail, qui ne s'applique, comme il est demandé, qu'aux chaussées situées *hors des grandes villes.*

Pour sa préparation, nous avons, tout d'abord, repris les rapports du Congrès de 1908, dont nous avons retenu les

points essentiels; fait ensuite une enquête auprès de tous les services publics de voirie de France, nationaux et départementaux, consulté à la bibliothèque de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, à celle du Conservatoire des arts et métiers et recueilli, en tous lieux indiqués, les renseignements qui pouvaient nous éclairer. — Joignant à cette documentation l'expérience de notre longue carrière, nous avons essayé, ainsi que nous allons l'exposer, de faire œuvre utile.

FONDATIONS

Objet. — La fondation dans son acception la plus générale, c'est la base d'un ouvrage, son point d'appui. Sans fondation solide, pas de stabilité pour l'ouvrage.

Pour les chaussées spécialement, la fondation n'est pas seulement un appui, elle est aussi soumise, comme les revêtements eux-mêmes, du fait de la circulation et de circonstances diverses, notamment les influences atmosphériques, à des actions multiples contre lesquelles elle doit réagir, sans pour cela que le sous-sol en soit notablement impressionné.

Consolidation du sol. — Envisagée ainsi, la fondation ne saurait être confondue avec les autres ouvrages de consolidation souterraine qui tendent à changer la nature du sol ou à en modifier simplement l'état : Exemples : le remplacement d'une couche de glaise ou de vase par de bonnes terres; l'emploi de libages, de fascines, de sable, dans des terrains creux et tourbières, le tout, uniquement pour resserrer le sol et lui donner plus de consistance. Egalement, et dans le même but, l'emploi de pilots en bois, en béton ou en sable, qui, dans certains cas, se substituent complètement au sol comme points d'appui.

Mais, ce ne sont là, disons-nous, que des ouvrages préparatoires à l'établissement de la fondation proprement dite, dont l'importance doit dépendre, à la fois, et de la résistance du sous-sol d'appui, et de celle plus ou moins variable, selon sa composition, qu'offre le revêtement de la chaussée.

Plan d'étude. — L'étude des fondations, implique donc, tout d'abord, la classification des différentes natures de terrains, avec leur coefficient de résistance par unité de surface, et aussi, l'étude particulière des revêtements, par la détermina-

tion des avantages qu'ils réalisent, selon leur constitution, au point de vue de leur élasticité, leur imperméabilité, leur solidité, etc...

Résistance du sol d'appui. — Pour les terrains, les pressions qu'on peut leur faire supporter avec sécurité, par centimètre carré, sont les suivantes :

Vases et argiles molles (Très mauvais terrains).	0 k. 500
Terres argileuses, calcaires et sableuses (sol compressible).	2 à 3 kgr.
Sables et graviers, argiles compactes et plastiques (incompressible après encaissement)	3 à 6 kgr.
Roche compacte (terrain solide).	6 à 10 kgr.

Ces coefficients sont naturellement susceptibles de se modifier, selon les différentes préparations que l'on fait subir au sol, son appropriation, comme il a été dit plus haut, et aussi son assèchement, chose toujours indispensable, au moyen de travaux d'assainissement.

Le mieux est donc, quand l'on veut fonder sur un sol préparé ou non, d'en apprécier directement le degré de résistance par quelques expériences, et de choisir pour faire ces dernières, le moment de l'année où le sol se trouve le plus défavorablement influencé par les causes atmosphériques : Il est, en effet, des terrains très compacts, très résistants à l'état sec, qui, en hiver, sous l'influence des brouillards, de l'humidité, de filtrations souterraines ou de phénomènes capillaires, deviennent mous, fluants, et dès lors, inconsistants. Exemple : les marnes, la craie, les argiles à meulière.

Choix du revêtement. — Quant aux revêtements, et nous entendons par ce mot, les massifs supérieurs de travail et, par conséquent, d'usure, à reconstitution périodique, il est hors de doute qu'il existe entre eux et les fondations un lien étroit qui, dans bien des cas, détermine l'importance à donner à ces dernières.

Pour les empierrements, par exemple, plus ils se rapprochent de la constitution monolithe, à joints bien colmatés par un mortier glutineux et cohérent, de façon à réaliser la meilleure utilisation de la matière, en même temps que l'imperméabilité des massifs, plus la fondation se trouve

soulagée des pressions et chocs de la circulation, ainsi que des causes multiples qui peuvent en altérer la solidité.

En tout état de cause, le revêtement sur fondation devrait toujours, dans sa composition et ses dimensions, être identique à ce qu'il serait, si on l'établissait sur un terrain solide, c'est-à-dire, être capable de résister seul, aux efforts qu'il reçoit de la circulation. Le rôle de la fondation n'intervenant là théoriquement, que pour remplacer le terrain solide.

Il importe, d'autre part, que jamais la fondation ne soit appelée à opposer aux fortes pressions du roulage des réactions en vue desquelles elle n'a pas été établie, ce qui est le cas malheureusement trop fréquent, à l'expiration trop prolongée de la période d'usure des revêtements.

Travail de la matière. — Le travail de la matière, dans les revêtements, est intimement lié à la nature des matériaux, à leurs formes et dimensions, à leur élasticité et à leur mode d'emploi.

1° *Corps isolés et prismatiques.* — Pour les matériaux taillés, pavés prismatiques de toute sorte, dont la résistance à la compression a pu être définie par les expériences ou calculs de Coulomb, Vicat, Rondelet, Hooke, Vêne, etc..., la pratique en a fixé suffisamment les dimensions.

L'étude de la transmission des forces extérieures, au travers des corps solides, par les phénomènes de polarisation (Léger et Fresnel), a permis, d'autre part, de définir les vibrations mécaniques et réactions moléculaires qui s'y manifestent.

Cette théorie, confirmée ou appuyée par les expériences de Tresca, et la méthode analytique de Résal, établit que dans un prisme droit pressé contre un plan, par une force unique :

Si l'appui est un point ou une surface inférieure ou égale à la hauteur du prisme, la pression originelle se divise, dans ce dernier, en deux courants curvilignes convergents, déterminant, dans le premier cas, une sorte d'ellipse dont le grand axe vertical, passe par le point d'appui, et dans le second, une figure analogue, plus renflée, embrassant au sommet l'étendue de la surface d'appui, et s'épatant à la partie inférieure, dans le sens de la base.

Si le diamètre de l'appui est supérieur à la hauteur du

solide, la figure polarisée s'élargit davantage sur sa base, en forme de cloche.

Enfin, si le corps est compris entre deux plans et sollicité par deux forces de sens contraire, la figure précédente se complète, en sens inverse, d'une autre semblable et symétrique de la première.

2o *Massifs de chaussée.* — Cette étude qui éclaire la théorie des pressions dans les corps isolés et homogènes, ne saurait évidemment trouver son application rationnelle dans les massifs composés, comme celui d'une chaussée empierrée; cependant, selon le caractère plus ou moins monolithe des chaussées, il est permis d'en tirer quelques probabilités, sur la façon dont s'exercent et se distribuent les pressions dans la zone du massif, influencée par le roulage.

C'est tout au moins une indication, à défaut d'expériences directes dont les résultats *manquent*, et qui varieraient évidemment, avec la composition, la cohésion des massifs, et aussi l'intensité des mouvements vibratoires liés à leur sonorité et à leur élasticité.

Sur ce dernier point, il est établi que les vibrations par communication de molécule à molécule, de faible amplitude dans les chaussées les plus ordinaires peu agrégées, croissent, au contraire, en intensité que l'on apprécie par le travail de masse, dans les massifs composés de matériaux bien homogènes et de même grosseur, ou de matières pulvérulentes à grains réguliers et en contact direct, comme les sables bien comprimés, et qu'elles atteignent leur maximum d'effet, lorsque ces matières, agglutinées par un mortier hydraulique, agissent comme des corps monolithes.

Les lois de l'affinité de la matière et de l'adhésion interviennent bien, elles aussi, dans la détermination de ces effets et, à cet égard, il nous a été donné de constater, sur des empierrements en matériaux porphyriques et silico-calcaires, que les réactions aux efforts ne se manifestaient plus seulement au centre de pression des roues, mais bien sur un ensemble du profil de la chaussée, dont les éléments constituants ne formaient plus qu'un seul corps. Ici, et bien que le sous-sol soit quelquefois argileux, l'ornière ne s'accusait plus comme dans les massifs mouvants et filtrants, composés de silex ou de meulière caillasse: autrement dit, la

chaussée ne se laissait plus cisailler et le fond de forme, en hiver, y était généralement sec et non déformé.

Intensité verticale des pressions. — Il est constant aussi, que les pressions exercées sur une chaussée, qui ont leur effet maximum au point de contact des roues, décroissent en intensité, au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans le sol. On ne saurait dire proportionnellement, ni jusqu'à quelle profondeur pour une charge donnée, la répartition verticale de ces pressions étant subordonnée à la nature, au nombre, à l'épaisseur, à la consistance des couches dont est composé le massif de chaussée, et, ajoutons aussi, à la présence de matelas répartiteurs interposés entre les différentes couches.

En terrain meuble, sous macadam ordinaire, sans fondation, il n'est pas rare de constater que les mouvements atteignent parfois jusqu'à 0 m. 80 de profondeur et plus; avec la chaussée posée sur un hérisson de 0 m. 15 à 0 m. 20, la profondeur atteinte semble se réduire à 0 m. 50 ou 0 m. 60. Dans certains cas, sur sol compressible et humide, la forme convexe de l'encaissement s'aplatit et devient concave.

Systèmes de fondation usités, et leur efficacité. — Ce qui a été dit plus haut, pour les réactions aux efforts qu'opposent les différentes natures de revêtement, peut conduire, par analogie, à l'appréciation du rôle efficace que remplissent, comme appuis, les massifs de fondation à pierres sèches ou maçonnés.

Les moellons irréguliers, gros cailloux, jetés sans ordre dans un encaissement, ne peuvent que surcharger et resserrer le sol, dont le degré de compressibilité se trouve d'autre part diminué, du fait de son éloignement plus grand de la couche de revêtement.

Ces matériaux, sans uniformité de grosseur, sans liaison véritable, constituent un massif de fortune, incapable par lui-même d'aucune résistance; il ne peut que déterminer des appuis isolés, dont la stabilité dépend beaucoup de la façon dont le revêtement lui transmet les pressions du roulage.

Comme semelles de répartition des charges, les pierres plates, posées directement sur le sol par couches superposées, sont bien préférables.

Les blocs et vieux pavés débités en morceaux ou écales de forme pyramidale de 0 m. 12 à 0 m. 20 de grosseur, puis posés à la main, la belle face en dessous, de façon à

constituer un hérisson bien serré, dont les vides sont ensuite coincés au maillet par des pierres plus réduites, offrent plus de stabilité; c'est alors une véritable maçonnerie à pierres sèches, dont les différents éléments sont, dans une certaine mesure, solidaires, surtout si on en complète le garnissage des vides par du sable sec, en le faisant émerger de quelques centimètres sur la partie supérieure du hérisson.

Le même résultat est obtenu à l'aide de libages de 0 m. 15 à 0 m. 25 de grosseur, posés de champ, et serrés parement sur parement, par rangées normales à l'axe de la chaussée. On réalise ainsi une sorte de voûte à pierres sèches, capable de réactions latérales, et d'une grande rigidité qui soulage bien le sol.

Dans tous les cas, et quel que soit le système adopté, il convient d'accentuer un peu le profil du coffre d'appui, de placer les plus forts libages sur rives, en les disposant alternativement par carreaux et boutisses, et aussi, de toujours faire excéder extérieurement le massif de fondation sur le revêtement de la chaussée, par des empattements successifs et suffisants.

Résistance des fondations. — D'après les principes exposés plus haut, sur la transmission des pressions dans les corps solides, on est conduit à admettre, qu'à égalité d'épaisseur, une fondation composée exclusivement de forts cailloux ou de graviers de même grosseur, bien agrégés et comprimés comme le macadam, ou encore formée de sable pur, mouillé et coffré, doit, eu égard à son homogénéité et au plein de la matière, opposer des réactions supérieures à celles dont sont capables les massifs en moellons ou libages, dont il vient d'être parlé.

La résistance de ces différentes fondations s'accroît naturellement et atteint son maximum d'effet, lorsque, dans leur composition, l'on fait intervenir des mortiers de chaux hydraulique ou de ciment. Ce sont alors de véritables massifs maçonnés ou bétons.

Ordre de résistance des différents systèmes. — A épaisseur égale, on peut donc classer dans un ordre croissant de résistance, les différents massifs de fondation comme il suit :

Moellons de toute grosseur ou écales, simplement répandus dans l'encaissement et réglés d'épaisseur;

Pierres ou dalles posées sur le plat en guise de semelle répartissante;

Moellons pointus disposés en forme de hérisson, à la main, avec coïnçage des joints, au moyen d'écales, pierrailles et garnissage en sable;

Libages serrés de champ, en forme de voûte, avec les mêmes précautions que celles précédentes;

Massif homogène en gros cailloux de 0 m. 08 à 0 m. 10 de grosseur, bien comprimé.

Massif en gros graviers ou cailloux de 0 m. 03 à 0 m. 06, également cylindré.

Massif de sable pur, coffré et comprimé à l'eau;

Même massif arrosé de lait de chaux;

Maçonnerie au mortier hydraulique;

Béton au mortier hydraulique;

Béton au mortier de ciment;

Béton de ciment armé.

Aperçu comparatif avec les anciennes fondations. — Il convient de remarquer que la chaussée romaine, dans son type le plus général, se trouve constituée dans l'esprit de classification de ces résistances. Elle se compose, en effet : 1° d'une première couche formée de deux assises de moellons plats d'ensemble 0 m. 30 d'épaisseur, se superposant horizontalement et placés l'un à plat, l'autre verticalement; 2° au-dessus, d'une couche de gravier ou pierraille de la grosseur du poing, de 0 m. 25; 3° ensuite, d'une autre couche de cailloux de la grosseur d'une noix, également de 0 m. 25; 4° enfin, d'une couche de sable et petit gravier de 0 m. 20, le tout formant ensemble une épaisseur de 1 mètre, partiellement ou totalement maçonnée en mortier de chaux, sur les voies à grande fréquentation.

Egalement, la méthode de l'ingénieur Trésaguet, qui, dans des proportions plus réduites, comprend : une fondation en moellons plats ou libages posés généralement de champ, à sec ou maçonnés, sur 0 m. 20 ou 0 m. 25 d'épaisseur; au-dessus, une couche en gros matériaux de 0 m. 08 à 0 m. 10 sur 0 m.15 à 0 m. 20 d'épaisseur; enfin, une couche supérieure d'usure, en cailloux de 0 m. 04 à 0 m. 06 sur 0 m. 15. Le tout, formant une épaisseur d'environ 0 m. 50 à 0 m. 60.

De même, le système Thomas Telford, avec parfois un dallage de basse fondation, puis une couche inférieure en

grosse pierre de 6 à 9 pouces d'épaisseur et un revêtement de 6 pouces en pierre cassée.

La chaussée macadam, formée de deux ou trois couches de cailloux de même grosseur, constituant un massif de 0 m. 25 à 0 m. 30 d'épaisseur, entièrement homogène, consacre, elle aussi, la classification indiquée.

Fondation en sable. — Dans les différents systèmes de fondation ancienne qui viennent d'être examinés, il n'est pas question de l'emploi du sable seul, comme massif de fondation.

Cependant, son incompressibilité et son indéformabilité en coffrage, — qualités qui rendent légères au sol qui les supporte, les charges les plus lourdes, — en ont, de tout temps, sous les pavages, et depuis plus d'un demi-siècle sous les empierrements, fait généraliser l'emploi comme forme, d'épaisseur variable selon la nature des terrains, mais le plus souvent limitée entre 0 m. 15 et 0 m. 30.

Le sable reportant aussi ses pressions de surface sur les parois de *fond* et *latérales* des espaces coffrés, on l'a avantageusement utilisé, soit comme pilots de fondation de faible profondeur en place de bois, pour, dans certains cas, raffermir et consolider le sol, soit au même but, en rigoles de 0 m. 40 à 0 m. 50 de largeur, et de profondeurs supérieures à ces dimensions placées comme appuis sous la forme sableuse proprement dite.

Ces rigoles sont disposées, soit transversalement à la chaussée, en échelons brisés, soit longitudinalement et parallèlement à l'axe du chemin, sous les zones de grande fatigue.

Cette utilisation rationnelle du sable a donné les meilleurs résultats et est un moyen qui semble devoir être recommandé sur terrain inconsistant non affouillable, lorsque surtout, l'on a la matière sous la main.

Ajoutons aussi, qu'il est le matelas protecteur le plus efficace dans les pavages comme dans les empierrements, pour empêcher que les matériaux voisins, sous l'action des efforts de compression ou chocs, auxquels ils sont soumis par contact direct, s'éclatent ou s'écrasent.

Les sables, les cendrées, les scories rendent également les meilleurs services, employés sur une faible épaisseur de 0 m. 05 à 0 m. 10, pour isoler l'empierrement du sous-sol, même sur les terrains de bonne consistance : On prévient

par ce moyen que l'eau d'arrosage des chaussées au moment des cylindrages, celles d'infiltration en hiver ou provenant de suintements du sous-sol, ne délayent ce dernier, sous l'effort des pressions supérieures et fassent remonter les terres de fond dans le massif caillouteux, au grand détriment de sa résistance.

Dans les différents rapports que nous avons produits, à l'occasion du premier Congrès de la route (nos 17, 29 et 46), nous avons indiqué les résultats avantageux que nous avions obtenus, en mélangeant aux sables ainsi employés, et à sec avant leur emploi, de même que dans les sables de fondation des pavages et ceux d'agrégation des empierrements, une proportion de chaux hydraulique correspondant au quart ou au cinquième du volume du sable. Le monolithe chaussée, que nous avons exposé (Société générale meulière) et constitué avec imprégnation de goudron dans la couche d'usure, confirmait ces résultats, à la fois *avantageux* et *économiques*.

Forme en briquetons et plâtras. — A signaler aussi comme couche d'isolement très efficace, l'emploi de briquetons ou de plâtras comprimés sur 0 m. 10 à 0 m. 20 d'épaisseur.

Bétons à mortier de chaux ou ciment. — Comme systèmes de fondation les plus modernes, mais qui, en dehors des agglomérations, n'ont reçu jusqu'alors qu'une application très exceptionnelle sur quelques chaussées à fort trafic, nous devons citer les bétons simples de chaux, de laitier ou de ciment ordinaire, à dosages variés, dont l'épaisseur est généralement de 0 m. 12 à 0 m. 20, puis le béton de ciment armé.

Les bétons simples ont surtout été employés sous les pavages, en interposant entre les pavés et le dessus de la fondation, une légère couche répartissante de sable de 0 m. 05 à 0 m. 08 d'épaisseur. On assure par ces dispositions la fixité des profils et l'on évite les vibrations trop brusques, les chocs du roulage, qui sont de nature à altérer la couche de béton.

Béton de ciment armé. — Les bétons de ciment armé, selon leur rôle indiqué, sont intervenus en dernier lieu, pour accroître la flexion et donner plus de rigidité au massif de fondation. Ils se composent généralement d'une dalle en béton, avec nervures disposées par intermèdes et en rives de bordures, et auxquelles correspondent les tiges longitudinales de l'armature. Des barres transversales relient

les tiges entre elles, et leur nombre est réparti suivant les zones de plus ou moins grande fatigue de la chaussée.

Dans cet ordre d'idées, on a imaginé une sorte de dallage composé (système Guiet) qui, parfois, peut faire l'office de revêtement et de fondation, et dont les premiers essais en Vendée paraissent avoir été satisfaisants.

Pavage sur ancien empierrement. — Enfin, nous signalerons comme procédé pratique et avantageux de fondation des chaussées pavées, l'utilisation des anciens empierrements, quand en rase campagne, le profil général de ceux-ci peut, sans inconvénient, être exhaussé.

Dans ce cas, l'ancienne chaussée convenablement reprofilée et assainie est simplement recouverte d'une couche de bon sable de 0 m. 05 à 0 m. 10 d'épaisseur, sur laquelle on fait reposer le pavage. On peut même, si l'on craint que l'humidité ne remonte du sous-sol, recouvrir l'ancien empierrement d'une couche de goudron ou de bitume avant d'y répandre le sable.

Enquête sur les fondations existantes

Les renseignements qui nous sont parvenus des différents services de voirie de France indiquent que les fondations les plus répandues, hors traverse, particulièrement sur les anciennes routes, sont : les blocages en pierres debout de 0 m. 15 à 0 m. 20 et même 0 m. 25 d'épaisseur, posées à la main (système Trésaguet), ou encore une couche de gros cailloux ou d'écales de grès de 0 m. 08 à 0 m. 10 sur 0 m. 15 à 0 m. 20 d'épaisseur, et plus généralement, dans les travaux modernes, le hérisson de 0 m. 15 à 0 m. 20 reposant, soit directement sur le sol, soit sur un matelas de sable, de gravier, de plâtras ou briquetons; enfin, la couche unique de sable de 0 m. 15 à 0 m. 25, sous les empierrements comme sous les pavages, et exceptionnellement sous ces derniers, une couche de béton de 0 m. 12 à 0 m. 15 d'épaisseur.

Les épaisseurs totales des massifs atteignent ainsi, y compris le revêtement, savoir :

0 m. 15 à 0 m. 25 sur les empierrements simples (système Mac-Adam) en terrain résistant.

0 m. 30 à 0 m. 40 sur les chaussées de moyen trafic, à simple fondation, les plus répandues.

0 m. 40 à 0 m. 60 sur la chaussée, à fondations exceptionnelles en très mauvais terrains, avec grand trafic. La basse fondation en contact avec le sol est souvent en matériaux calcaires.

La couche du revêtement supérieur, toujours constituée en matériaux de choix de 0 m. 04 à 0 m. 06 de grosseur, a des épaisseurs variant entre 0 m. 08 et 0 m. 15, rarement 0 m. 20.

Les dimensions de 0 m. 08 à 0 m. 15 qui, dans bien des cas, correspondent ou sont inférieures au bombement des profils, sont assurément insuffisantes, car dans la partie centrale, de plus grande fréquentation, et d'usure du profil, après la disparition de quelques centimètres de l'épaisseur du revêtement, les cailloux sous-jacents, en contact direct avec le blocage qui forme enclume, sont soumis à des compressions excessives qui dépassent leur élasticité et amènent leur pulvérisation. L'épaisseur de 0 m. 18 devrait être le *minimum* en axe de chaussée, et 0 m. 12 sur les rives.

D'autre part, le blocage lui-même, à ce moment, est appelé à supporter de très fortes pressions qui entraînent sa déformation, et celle-ci a surtout été constatée quand l'épaisseur de la fondation est inférieure à 0 m. 20.

Il est vrai, qu'avec un petit matelas sableux répartiteur interposé entre le blocage et le revêtement, ces inconvénients sont bien atténués ou disparaissent totalement, mais sur les routes anciennes, il n'existe pas.

Sur les fondations en béton, on a observé qu'il s'y manifestait des cassures, quand l'épaisseur n'atteignait pas 0 m. 15.

La composition du béton employé est la suivante :

Chaux ou ciment.	120 kgr.
Cailloux de 0.03 à 0.06 de grosseur. . .	0 m/c 800.
Sable de rivière	0 m/c 400.

Les avis généralement partagés sur le rôle des fondations sont : qu'avec les blocages, les chaussées sont beaucoup plus élastiques, les profils mieux fixés, moins déformables, et que, par suite, l'usure du revêtement s'y fait plus uniformément, le tout, au grand profit de la traction, puis, de la dépense qui reste inférieure à celle des chaussées Mac-Adam de trafics comparables et sans fondation.

ASSAINISSEMENT

L'assainissement des chaussées importe tout autant que la fondation, au bon maintien des profils.

Il doit être réalisé par des *travaux superficiels* et par des *ouvrages souterrains*.

Chasser l'humidité par tous moyens, doit être la préoccupation constante du constructeur.

On y parvient :

A la surface, en tenant toujours la chaussée dans un état parfait de propreté, en y assurant l'écoulement régulier des eaux et en réglementant l'usage des accès particuliers, le raccordement des chemins riverains avec la voie publique;

Souterrainement, en recueillant et en évacuant les eaux qui s'infiltrent dans la chaussée et celles qui, sous l'influence des phénomènes capillaires ou produites par la disposition géologique du sol, viennent occasionner dans la fondation des désordres, dont toute l'intensité s'apprécie sous l'action des pressions de surface.

Nous allons examiner successivement, par le détail, les points qui viennent d'être signalés.

1° Assainissement superficiel

Etat de propreté. — Dès le mois de mars, l'époudrement périodique des empierrements s'impose : c'est le moyen de les décrasser des boues d'hiver encore adhérentes et de faire que, par tous les interstices de ces massifs, l'humidité s'échappe, l'air circule et que la chaussée s'assèche. En même temps, les frayés d'hiver s'effacent par la variation de la circulation que favorise l'époudrement, les matériaux se replacent et le profil, en son entier, reprend son équilibre et sa régularité.

En automne surtout, à l'époque des lourds transports agricoles, puis en hiver, l'enlèvement des boues doit être incessant, soit qu'il s'opère à bras d'homme, soit mieux, à la suite de pluies délayantes, à l'aide d'une balayeuse mécanique, dont le travail est, à la fois, plus rapide et opportun. On peut même, dans certains cas, lorsque la boue est très grasse, faire avantageusement précéder la balayeuse d'une tonne d'arrosage.

Les boues liquides doivent être rejetées très en dehors de la chaussée, puis ramenées en tas et enlevées, dès que, devenant suffisamment solides, elles peuvent être chargées.

Si l'état boueux provient d'une circonstance particulière : fumure d'un champ, enlèvement de récoltes : betteraves, pommes de terre, il convient de mettre un ou des ouvriers à demeure sur la section de chaussée immédiatement voisine, pour conjurer le mal à ses débuts, et faire que de proche en proche, il ne se propage pas, en déterminant sur la chaussée des arrachements auxquels succède l'ornière.

Quand la chaussée redevenue propre est tendre et imprégnée d'eau, cas d'un dégel, il est très efficace d'y faire passer le rouleau compresseur chargé, de façon à en expulser l'eau que, simultanément, l'on chasse de côté au balai.

On arrive ainsi à restituer à l'empierrement sa résistance première et même une solidité supérieure à ce qu'elle était auparavant; nous l'avons constaté, étant donnée son épuration qui assure aux matériaux constituants, mieux en contact, un meilleur travail de réaction.

Enduits protecteurs. — Les goudronnages et tous les agglutinants, quand ils affectent surtout une certaine épaisseur des massifs empierrés, en déterminent l'imperméabilité; celle-ci devient certaine et durable, *en toute saison*, si la substance agglutinante est additionnée d'une matière hydraulique qui la rend en même temps cohérente. (Voir notre rapport n° 46 du premier Congrès.)

Accotements et banquettes. — Des accotements suffisamment inclinés et bien entretenus, dégagent la chaussée et assurent l'écoulement des eaux vers les rives de la route et les fossés latéraux. Ils doivent toujours être, autant que possible, bien désherbés et réglés avec une pente suffisante. L'emploi de décapeuses mécaniques, pour effectuer ce travail, est, à la fois, économique et rapide.

Principalement sur les voies où la circulation agricole s'opère en hiver avec des bœufs, lesquels cherchent à éviter les sols durs, on doit essayer de consolider les accotements avec des scories, des sables, des pierres brutes... afin de prévenir les affouillements formant obstacle à l'écoulement de l'eau, et les apports de boue sur la chaussée, toujours difficiles à éviter.

Les banquettes qui, autrefois, existaient sur la majeure

partie des grandes routes, tendent, de plus en plus à disparaître, si ce n'est, et avec raison, sur les parties très déclives, garnies de caniveaux pavés et bordures, oú elles font l'office de trottoirs. De cette façon, les voitures chargées, à la descente, ne peuvent pas, en guise de frein, labourer les accotements.

La banquette, en effet, souvent très haute par suite d'un entretien insuffisant, déterminait sur la chaussée entière une humidité nuisible, en même temps que sur ses rives, en terrain plat, elle avait plutôt tendance à faire stagner les eaux. Les saignées transversales en rendaient aussi le parcours désagréable pour les piétons et impossible pour l'établissement de pistes cyclables. A bien des points de vue assurément, le simple accotement doit lui être préféré.

Mais nous émettons l'avis que, sur les voies où des raisons locales ou d'esthétique ne commandent pas de grandes largeurs de banquettes ou d'accotements, il serait préférable, par raison d'économie, d'en limiter les dimensions aux seuls besoins des dépôts de matériaux et de la circulation des piétons.

Fossés. — En rase campagne, quand le parcellaire traversé n'est pas trop morcelé, et que le sol de la voie n'est pas de nature absorbante, l'ouverture de fossés latéraux s'impose toujours, à la fois comme rives de démarcation formant obstacle aux empiètements et autres infractions de la culture riveraine et, aussi, pour assurer l'évacuation rapide des eaux qu'ils reçoivent de toutes parts.

Le fossé bien entretenu, c'est-à-dire dressé à vif, pour le moins sur sa paroi intérieure, côté du chemin, et en fond de cuvette, facilite aussi la pénétration de l'air à travers les pores du sous-sol de la chaussée et en favorise l'assèchement.

En terrain plat et sur les points où la route est en déblai, et le sous-sol humide, gras ou argileux, il convient de ne jamais hésiter à ouvrir des fossés dont *le rôle est capital* dans l'entretien. La gêne qu'en éprouvent les riverains pour accéder à leurs champs, est toujours largement compensée par les avantages qu'on en recueille, pour la bonne viabilité et l'économie dans l'entretien.

Si l'on ne peut faire de fossés proprement dits, il faut, pour le moins, pratiquer des rigoles de rives assez profondes, pour que les eaux puissent s'y loger et s'écouler facilement.

Passages particuliers et chemins aboutissants. — Afin d'isoler complètement la chaussée de toutes les causes nuisibles qui peuvent concourir à la détériorer, il s'impose que tous les riverains, pour accéder à leurs champs, soient tenus d'établir, à leurs frais, des passages maçonnés ou de simples tuyaux sur les fossés, et que ces ouvrages soient empierrés à leur partie supérieure, dans toute la traversée de l'accotement, en raccordement avec la chaussée.

Dans le même ordre d'idées, les chemins agricoles ou ruraux doivent, à leur jonction avec la route, être empierrés ou mieux, bloqués sur une étendue d'au moins 50 mètres.

Trottoirs et caniveaux. — Ces ouvrages, récepteurs des eaux de la chaussée, doivent toujours reposer sur une forme solide en sable de 0 m. 12 à 0 m. 15 d'épaisseur, sur les terrains réputés de bonne nature et absorbants, et sur une fondation en béton maigre ou riche, de sable ou cailloux, sur les argiles et terres fortes. Il convient que les joints du pavage soient fortement comprimés en sable et, mieux, garnis de mortier hydraulique s'il est possible.

Dans les côtes, ce mortier doit être rendu glutineux par l'addition de substances goudronneuses, afin d'empêcher la dégradation des joints et les infiltrations sous les pavages, causes de leur déformation.

Enfin, il est important que le derrière des bordures soit accoté, non avec des pierrailles ou de la terre ordinaire comme cela a lieu souvent, mais bien au moyen d'une couche de sable bien comprimée, et légèrement mouillée. La bordure résiste beaucoup mieux, en cet état, en hiver surtout, aux chocs et au ripage des roues des voitures.

2° **Assainissement souterrain**

Quand une chaussée accuse superficiellement des boursoufflements et mouvements ondulatoires qui en déforment le profil, c'est qu'elle repose sur un sol de mauvaise nature, dont l'instabilité est favorisée par des ruissellements de nappe ou simplement un état d'humidité permanent. Cet état se manifeste, d'ailleurs, le plus souvent et simultanément, par la croissance, sur les dépendances de la route, de végétations aquatiques, par des flaques d'eau stagnantes ou des crevasses en temps de sécheresse.

Le remède à appliquer pour conjurer les effets signalés, si désastreux pour la stabilité des revêtements, c'est le dessèchement du sol, au moyen de puits perdu, de canalisations, de drainages, pierrées, etc...

Si l'on a affaire, comme sous-sol, à certaines argiles contenant l'eau à l'état de combinaison chimique, et dont la fixité ne puisse être obtenue, le moyen le plus simple c'est encore d'enlever le sol sur une certaine épaisseur, et de reconstituer complètement le revêtement sur une fondation convenablement appropriée, en sable, blocage ou maçonnerie. Mais, dans la généralité des cas, les moyens que nous allons indiquer suffisent :

Puits perdus. — Ces sortes de conduits verticaux, de section carrée ou cylindrique, recueillent et rejettent aux nappes inférieures ou aux terrains absorbants : craie, sables, etc..., les eaux encombrantes des couches supérieures, dont l'évacuation superficielle est souvent impossible ou dont la canalisation souterraine est trop dispendieuse. Ils sont surtout très utiles quand les couches imperméables à traverser sont de faible épaisseur.

Leur mode d'établissement est assez variable : ou l'on se borne simplement à remplir l'excavation de libages, de gros graviers, de scories; ou l'on en maçonne les parois, en y ménageant des barbacanes et en en recouvrant la partie supérieure. On en a même réduit l'importance, en certains endroits, à de simples forages circulaires remplis de gros graviers qui ont produit un bon effet.

Canalisation. — En dehors des égouts proprement dits, les conduits souterrains destinés à assurer un écoulement d'eau régulier sont construits en buses de ciment aggloméré, armées ou non. Le dalot, à moins de circonstances locales, qui l'imposent, n'est plus que rarement employé, de même les conduites en métal, à cause de leur oxydation et de leur prix de revient assez élevé.

En noyant les conduites en ciment aggloméré dans un massif de sable, on augmente notablement leur faculté de résistance aux pressions de la circulation; on peut ainsi les rapprocher beaucoup plus de la surface du sol.

Drainages. — Nous ne saurions faire ici une analyse, même succincte, de tous les systèmes de drainages employés : poteries, pierres brutes, graviers, scories, fascines, chaque sys-

tème satisfaisant à des conditions de milieu et d'économie.

Le but à atteindre, on le sait, est de débarrasser les petits canaux capillaires des massifs terreux, des eaux qui les obstruent : de raffermir ainsi, par un contact plus direct des molécules et par la pénétration de l'air, un sol plus sec, plus lui-même; en un mot, plus capable de résister aux efforts mécaniques auxquels il est soumis.

La facilité que l'on a de se procurer à proximité des travaux, des pierres brutes, fait que les ouvrages formés de ces matériaux sont plus répandus que ceux en poterie, bien que le prix de revient de ceux-ci soit généralement inférieur. Il est vrai, qu'au point de vue des pressions supérieures, la pierre brute offre aussi plus de résistance.

Les drains en fascines et pierres perdues sont moins efficaces que ceux en pierres plates disposés en forme de petits canaux. Lorsqu'on fait usage de graviers, sa grosseur ne doit pas excéder 0 m. 07.

La profondeur à laquelle les drains doivent être posés, sous chaussée, ne saurait être inférieure à 0 m. 70 ou 0 m. 80, et l'écartement des lignes de drains peut varier de 5 à 15 mètres. Il doit y avoir, d'ailleurs, relation entre la profondeur et l'écartement des drains, selon la faculté rétentive du terrain, pour les eaux.

Les inclinaisons des drains ne sauraient être inférieures à 0 m. 002 pour les tuyaux et à 0 m. 005 pour les canaux en pierre. La pente maximum ne doit pas dépasser 0 m. 03 ou 0 m. 035.

L'obligation de satisfaire à ces conditions et la possibilité que l'on peut avoir ou non, de faire déboucher les drains dans les fossés des routes, suivant des directions chevronnées, et de plus grande pente, imposent en plan, dans chaque cas, les dispositions les meilleures : longitudinales en axe, ou transversales à donner aux écoulements.

Pierrées. — Pour le drainage des accotements et l'assainissement de l'encaissement des chaussées, il existe sur la majeure partie des routes et chemins, des drainages analogues aux précédents : Ceux en pierres perdues ou disposées en forme de dalot à section quadrangulaire ou triangulaire, sont les plus répandus. On y rencontre aussi des drains formés de plusieurs couches de cailloux superposées, les plus gros placés en dessous et quelquefois reposant sur

une cuvette de fond en béton. Mais peu ou point de poteries dont la position souvent trop rapprochée de la surface, les exposerait à des ruptures inévitables.

Ces petits ouvrages sous accotements sont généralement limités aux rives de la chaussée, mais quelquefois aussi prolongés sous celle-ci, selon la nécessité. Ils viennent obliquement, suivant les inclinaisons définies, déboucher, soit dans les fossés latéraux, un peu au-dessus du fond de cuvette, soit, en l'absence de ceux-ci, dans les conduits longitudinaux d'évacuation, dirigés vers les points bas du terrain.

On munit les orifices de sortie des dalots, de grillages, pour empêcher que les rats et les taupes ne s'y introduisent.

D'une façon générale, on se montre très satisfait, dans tous les services, de l'efficacité de ces sortes de saignées empierrées qui, asséchant les accotements, augmentent leur résistance et, par suite, celle des chaussées qu'ils contrebuttent. Leur obstruction, par défaut d'entretien, est la vraie cause qui, sur certains points, rares il est vrai, les fait tenir en défaveur.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Tout sol compressible et affouillable sur lequel on veut fonder doit, tout d'abord, être consolidé, resserré et assaini, avant d'en éprouver le degré de consistance.

Le choix du revêtement de la chaussée vient ensuite. L'importance et la nature du trafic commandant sa résistance propre de constitution et de surface.

La *fondation*, en son rôle d'appui intermédiaire, destiné à alléger les pressions supérieures transmises au sous-sol, doit être rigide, indéformable, capable de résistances transverses et de vibrations de grande amplitude.

Son massif doit être homogène, élastique et constitué, autant que possible, de matériaux réguliers ayant entre eux le plus grand nombre de points de contact.

Les différents systèmes de fondation se classent dès lors, comme il suit, dans l'ordre croissant de leur résistance :

Les moellons irréguliers simplement répandus dans l'encaissement, les pierres plates disposées par assises horizontales, les moellons pointus posés en hérisson, les libages placés de champ en forme de voûte, les massifs comprimés

en cailloux de 0 m. 08 à 0 m. 10 de grosseur, ceux en cailloux de 0 m. 04 à 0 m. 06 bien agrégés, les sables mouillés et coffrés, enfin ces mêmes massifs agglutinés avec de la chaux ou du ciment, puis les bétons armés.

L'épaisseur d'une couche de fondation dépend de son mode de constitution pour une réaction voulue; de même, celle d'un massif en entier.

Un massif très épais, maçonné à sec, doit être formé de plusieurs couches de 0 m. 15 à 0 m. 25 d'épaisseur, isolées entre elles et avec le sol par un léger matelas sableux répartiteur, même hydrofuge, si l'on craint l'humidité, plutôt que d'un seul bloc de matériaux se compénétrant.

Les couches successives doivent présenter des empattements suffisants de l'une sur l'autre et être contrebutées en rives, par de gros libages. Les matériaux les plus forts et les moins durs sont placés en couches inférieures; platelages d'abord, blocages ensuite; les plus réguliers et de dimensions réduites, en même temps que les plus durs, dans les couches supérieures.

Les *revêtements empierrés* sur blocage ne doivent comprendre que des matériaux de premier choix, et n'avoir pas moins de 0 m. 18 d'épaisseur en axe de chaussée et 0 m. 12 sur rives.

L'empierrement sans fondation doit toujours reposer, non directement sur le sol, fut-il résistant, mais bien sur une mince couche isolante de sable, de cendrée ou de graviers.

Ces matières additionnées de chaux hydraulique, un quart ou un cinquième en volume, et employées sur une épaisseur de 0 m. 15 à 0 m. 20 comme béton maigre, fournissent, pour les pressions moyennes, une fondation très suffisante.

Les briquetons et plâtras comprimés, sur même épaisseur, conviennent également bien, comme couche isolante, sur terrain humide.

Le sable comprimé et coffré sur 0 m. 15 à 0 m. 25 d'épaisseur peut être, dans certains cas, avantageusement substitué au blocage.

Il constitue une fondation très résistante sur terrain compressible et non affouillable, si la couche s'appuie sur des rigoles assez profondes remplies elles-mêmes de sable.

Sous les *chaussées pavées* reposant sur le sol ordinaire, une

forme en sable de 0 m. 15 à 0 m. 25 d'épaisseur suffit généralement.

Si le sol est compressible et la circulation lourde et intense, l'emploi d'une couche de béton de chaux ou de ciment s'impose, et son épaisseur ne doit pas être inférieure à 0 m. 15.

On la recouvre, pour y asseoir le pavage, d'une légère couche de sable de 5 à 8 centimètres.

La fondation en béton armé, encore exceptionnelle et coûteuse, ne peut être retenue pour son application hors traverse.

Enfin, pour les nouveaux pavages, l'utilisation d'anciens empierrements, comme fondation, est très appréciée.

L'Assainissement des chaussées commande

a) Superficiellement :

1° L'exécution mécanique ou à bras d'hommes, des travaux suivants : ébouage, époudrement, enlèvement des matières, resserrement au cylindre des empierrments imprégnés d'eau, décapement des accotements et banquettes, curage des saignées, rigoles et fossés ;

2° L'application d'enduits protecteurs, goudronnés, particulièrement sur les empierrements imparfaitement constitués et perméables ;

3° L'établissement de ponceaux sur fossés pour la desserte des champs riverains ; la consolidation des chemins de terre aboutissants ;

4° Des soins particuliers pour assurer la stabilité des bordures de trottoirs et des caniveaux.

b) Souterrainement :

5° L'établissement, selon les différents sols, d'ouvrages spéciaux dont les plus usités sont : les puits perdus, maçonnés ou non, les canalisations pour eaux courantes, égouts, buses, dalots, les drainages en poterie et de tout autre système, les pierrées et saignées sous accotement.

Chacun de ces chefs d'assainissement est traité au cours du présent mémoire.

VŒU

En terminant ces conclusions, nous exprimons le vœu, — à notre avis d'une grande portée pratique, — que des expériences soient faites, en vue d'arriver à connaître directement et le plus exactement possible :

1° Le champ et l'amplitude des vibrations qui se manifestent dans tout massif de revêtement, au cas d'un passage isolé ou simultané d'un ou de plusieurs véhicules de poids, de formes et de vitesses différentes;

2° Les pressions transmises par le roulage aux différentes couches de fondation, ainsi qu'au sous-sol; comment elles en sont affectées et avec quelle intensité.

Versailles, le 20 *Octobre* 1909

Ch. LELIÈVRE
Agent Voyer d'arrondissement honoraire.
Professeur à l'École Spéciale de Travaux Publics.

65458. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
2. Question

FONDATION ET ASSAINISSEMENT
DES CHAUSSÉES
MODES D'EXÉCUTION

RAPPORT

PAR
ITALO VANDONE
Ingénieur en chef de la Province de Milan
Milan

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

FONDATION, EMPIERREMENT ET DRAINAGE

DE LA ROUTE DE BINASCO A ROSATE

(Province de Milan)

Au Ier Congrès international de la Route à Paris, nombre de rapporteurs ont traité de la fondation des chaussées, et le Congrès a, sur ce point, adopté la conclusion suivante :

« Le Congrès appelle l'attention des constructeurs sur la résistance, les soins, le mode d'exécution et le rôle important de la fondation des chaussées, cette partie de la route influe considérablement sur l'usure et la conservation du profil de la chaussée. Dans le choix du système de fondation, on tiendra compte de la nature du sous-sol, de la chaussée, des véhicules qui circulent sur la route, ainsi que de l'intensité variée du trafic suivant les saisons, et des conditions générales climatériques de la région. »

Nous ne croyons pas que si près du premier Congrès, il y ait lieu de répéter la description de ce que nous avons, dans cet ordre d'idées, hérité du passé, mais nous pensons que la deuxième question, posée au Congrès actuel, se rapporte plutôt aux essais nouvellement tentés dans la direction donnée par le premier Congrès. Que cette situation fasse excuser la faible documentation que nous présentons dans ce rapport.

La province de Milan construit une nouvelle route de Binasco à Rosate, dont un premier tronçon, compris entre Bisnaco et Coazzano, a déjà été ouvert à la circulation, et dont le deuxième tronçon, compris entre Coazzano et Rosate, est actuellement en cours d'exécution.

Nous nous sommes efforcés de réaliser, pour ce deuxième tronçon, un type de chaussée qui réponde le mieux possible aux tendances modernes. La plaine traversée par la nouvelle route est classique pour ce qui concerne son irrigation extrêmement soignée et abondante et dont les artères très rappro-

chées sillonnent la campagne en tous sens. Quant au sous-sol, on n'y trouve que du gravier fin sous une mince couche d'*humus*. C'est sur cette fondation que reposent les remblais, dont le profil en long est tenu toujours plus haut que la campagne, de 0 m. 60 au minimum, et dont le profil en travers comporte des talus à 3/2 flanqués, des deux côtés, par des caniveaux. La largeur normale de la route étant fixée à 8 mètres, on a partagé cette largeur en une chaussée de 6 m. 20 et un accotement de 1 m. 80 séparé de la chaussée par une bordure en ciment armé, et percée tous les 25 mètres par un tuyau d'écoulement pour les eaux.

La chaussée du tronçon déjà ouvert à la circulation ne présente pas de fondation proprement dite. Pour le tronçon en cours de construction, on a adopté le dernier type de la planche annexée au sujet duquel nous allons donner quelques explications.

Nous avons admis, pour point de départ, que les chariots, lorsqu'il s'agit de routes moyennement fréquentées, tiennent toujours le milieu de la chaussée, et peuvent aisément créer des ornières si l'entretien n'est pas très soigné. Pour arriver à la meilleure utilisation de la chaussée, sur toute sa largeur, il nous a paru par suite nécessaire de suivre deux principes différents, savoir :

Donner au profil en travers des pentes très douces sur une partie notable de la chaussée, en augmentant par contre les pentes tout près des caniveaux, afin que le chariot puisse, avec la même facilité, parcourir une plus large zone de la chaussée : donner une résistance particulière à la chaussée dans son milieu, afin que sur le tracé suivi presque exclusivement par le chariot, en vertu de la routine, il ne se forme pas facilement des ornières.

Nous avons été conduits ainsi d'une part à adopter un profil se rapprochant de l'ellipse, au lieu que d'ordinaire il tient de la parabole du second ou du troisième degré, et, d'autre part, à adopter une fondation rigide, mais limitée à une étroite portion centrale de la chaussée pour en réduire les frais d'établissement. Sur la coupe de la fondation ainsi adoptée, on voit que, tant que le chariot tient le milieu de la chaussée, la pression des roues se répartit très uniformément sur tout l'emplacement de la fondation, et même que lorsque deux chariots se croisent, il est possible que les

quatre roues restent comprises dans la largeur de la fondation. Toutefois, si les roues en dehors s'écartent un peu plus, elles peuvent vite être ramenées sur la fondation après le croisement.

La fondation ainsi réduite n'exige point des frais excessifs. Nous appelons aussi l'attention de nos lecteurs sur les dispositifs adoptés pour le drainage de l'empierrement, et sur l'emploi de gravier au lieu de pierraille cassée sur les flancs de la chaussée, toujours dans le but de diminuer la dépense totale.

Il est regrettable que le remblai encore frais n'ait pas permis, jusqu'à présent, d'y poser la fondation en béton. Nous présentons néanmoins un devis estimatif des dépenses de construction d'une telle chaussée, nous réservant d'en communiquer les frais effectifs au Congrès.

Pour 1 mètre courant de chaussée :

Béton maigre	mc	0.37
Sable	»	0.06
Pierraille dure, cassée au concasseur . . .	»	0.25
Cailloux cassés à la main	»	0.32
Gravier	»	0.24
Tuyau de 8", longueur 1 m. tous les 15 m.	ml	$\frac{1}{15}$
Tuyau de 15", longueur 3 m. tous les 25 m.	»	$\frac{3}{25}$
Cuvettes sur talus au débouché des tuyaux du côté de l'accotement, en moyenne . . .	»	$\frac{1}{25}$
Bordure en ciment armé	»	1.00

Avec les prix courants applicables, on prévoit une dépense de 17 à 18 francs par mètre de chaussée. Il faut pourtant considérer que la pierraille et les cailloux sont très chers en cette région par suite de l'éloignement des rivières et des carrières.

Nous nous proposons de soumettre à un contrôle parallèle et très attentif les deux tronçons de la Route de Coazzano à Rosate, tant au point de vue de la facilité pour le charroi, qu'à celui de l'emploi des matériaux nécessaires pour assurer un

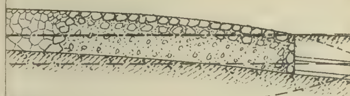
entretien en rapport avec la circulation, afin d'en déduire si les frais entraînés par la construction d'une fondation même restreinte à la zone centrale de la chaussée, sont couverts par une économie dans les frais d'entretien ou du moins par de sérieux avantages au point de vue de la bonne tenue de la chaussée et de la facilité du charroi. Dans l'attente de ces résultats, nous ne jugeons pas à propos de proposer des vœux pour être discutés au Congrès. Toutefois, nous nous associerons très volontiers à toute conclusion qui aurait pour but de généraliser l'emploi des fondations rigides partielles, c'est-à-dire limitées à la zone centrale de la chaussée, pourvu que tout l'empierrement soit bien drainé.

Italo VANDONE,
Ingénieur en chef de la province de Milan.

65506. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

_ BINASCO-R

%_ _ 7,90 % _ 10 % 16 % 2,5



llipse

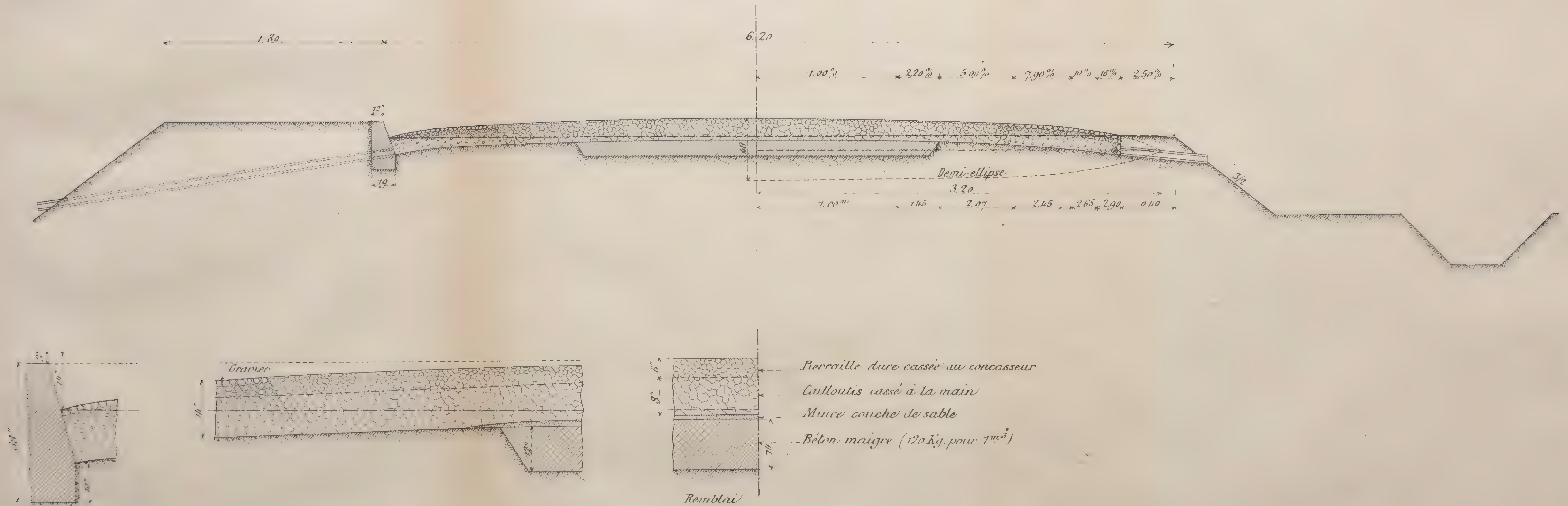
27 _ _ 2,45 _ 2.65 2.90 0.

ncasseur

. 7m³)

PROFIL EN TRAVERS DU 2ÈME TRONÇON DE LA ROUTE _BINASCO-ROSATE_

Province de Milan



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIᴱ CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR

FR. GERLACH
Königl. Baurat und Stadt-Baurat
Schöneberg-Berlin

Vereinigung der Technischen Oberbeamten
Deutscher Städte

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER

d'Intérêt local et de Tramways sur les Routes à l'intérieur des Villes

L'entretien du pavage le long d'une voie de chemin de fer d'intérêt local, qui n'est pas assise sur une plateforme spéciale et se trouve incorporée dans le profil d'une route, réclame, comme on le sait, quels que soient d'ailleurs les matériaux qui composent le revêtement de la route, plus de soins et des dépenses plus élevées que celui des tronçons de route établis de la même manière et ayant une égale intensité de trafic, mais dépourvu de voies ferrées.

Ce sont d'une part les résistances et l'élasticité différentes du rail et des matériaux du revêtement de la route, et d'autre part les mouvements du rail au passage des charges roulantes du chemin de fer et des véhicules ordinaires, qui donnent naissance à des inégalités, à des dépressions et à des détériorations plus ou moins importantes dans le revêtement de la route et dans ses fondations.

Les mouvements les plus nuisibles, quelle que soit d'ailleurs la nature du pavage, sont ceux de fléchissement des rails sous la charge qu'ils portent. Ces fléchissements provoquent très fréquemment des dégradations qui entraînent, pour la réfection du pavage, à des dépenses beaucoup plus importantes que celles qui résultent de l'entretien normal nécessité par l'usure du revêtement de la route.

On ne peut donc attacher trop d'importance à établir la voie ferrée sur une *assiette solide*, qui doit être d'autant plus résistante que le profil du rail est plus faible.

Le dispositif à adopter est subordonné au montant de la dépense; il dépendra aussi du degré de résistance du pavage et

de son coût, ensuite des mesures spéciales à prendre. Des voies de tramways encaissées dans le corps d'une route empierrée ou pavée reçoivent généralement une assiette plus légère et plus élastique que celles qui sont établies sur des routes pavées en bois ou en asphalte.

Ce sont d'ordinaire des questions d'ordre financier qui l'emportent dans le choix du système de fondation. Afin de réduire le taux de la dépense on recourt fréquemment à des fondations économiques, mais celles-ci ont pour conséquence de conduire à l'augmentation des frais d'entretien.

La fondation la *plus solide*, même pour les routes dont le pavage n'a que peu de valeur, est celle d'un *coffre continu de béton* sous les rails de la voie (fig. 1), ce genre d'assiette s'opposant le mieux aux mouvements ondulatoires du rail. Une fondation en moellons (fig. 2) ou en pierraille est moins bonne. Celle qui consiste à asseoir les rails sur un lit de gravier, et qui du reste n'est guère recommandable sur une route pavée, a moins de valeur encore, un massif de gravier se déformant aisément et les particules de menu sable qu'il renferme étant délavées par l'eau lors des mouvements d'abaissement et de relèvement du rail, ce qui provoque des affaissements de la voie et du pavage.

Les rails sont aussi posés quelquefois sur des traverses en bois (fig. 3) ou encore, comme la chose se pratique souvent en Amérique, sur des traverses en béton. Mais le bois ne résiste pas longtemps, le revêtement de la route empêchant l'accès de l'air et les traverses qui sont exposées d'une façon permanente à l'humidité pourrissent rapidement; de plus, le bois ne peut guère être employé que dans les localités où son prix de revient n'est pas exagéré.

Tous ces systèmes de fondation, à l'exception des longrines continues en béton qui se caractérisent par leur grande rigidité, donnent au rail un certain degré d'élasticité, qui dans des limites données ne porte pas préjudice au pavage ordinaire et qu'il est même désirable de réaliser.

Mais d'autres genres de pavages, tels que l'asphalte et le bois sont très sensibles même aux plus faibles mouvements du rail.

La fondation de la voie doit donc remplir des conditions spéciales dans la traverse des *grandes villes* où les routes sont pavées d'asphalte ou de bois. L'asphalte, par suite de sa

propriété d'atténuer le bruit produit par le roulage, et de se prêter à un nettoiement facile et à un entretien aisé de la route, remplace de plus en plus actuellement le pavage ordinaire dans les artères principales des grands centres, et les inconvénients qui se rattachent à l'établissement de voies ferrées dans le corps de routes ainsi constituées, acquièrent donc de jour en jour plus d'importance.

Les dégradations d'un pavage en asphalte, exécuté soigneusement avec des matériaux de bonne qualité, apparaissent notamment au droit des solutions de continuité de sa surface, aux endroits où il touche à d'autres corps intercalés dans la surface de la chaussée, tels que bouches d'égouts, fermeture de fosses et de puisards, etc. Mais une usure anormale et de plus grandes détériorations sont surtout constatées le long des rails des voies ferrées, et elles se traduisent par des indemnités à payer aux entrepreneurs chargés de l'entretien de l'asphalte.

Les causes de cette usure rapide et des dégradations fréquentes du revêtement en asphalte aux points que nous venons de préciser, sont connues et il est superflu de s'y attarder.

Nul n'ignore que, abstraction faite de la dureté des matériaux en présence, qui est différente, ce qui entraîne forcément une usure plus grande, c'est principalement l'insuffisance de l'assiette de la fondation de la voie ferrée qui produit les dégâts les plus importants et qui aggravent les difficultés de l'entretien.

Ces inconvénients ont augmenté de fâcheuse façon depuis l'introduction de la traction électrique sur les lignes de tramways au moment même où les pavages en asphalte prenaient partout plus d'extension, les travaux fréquents de réfection occasionnant non seulement des frais énormes qui affectent les revenus de l'exploitation de la voie ferrée, mais amenant encore, par suite du détournement obligé du roulage, des perturbations continuelles dans le trafic.

Le système de fondation qui a été généralement employé sur les routes en asphalte, et qui malheureusement est souvent encore appliqué de nos jours, pour recevoir une voie ferrée et pour fixer les rails, consiste comme on sait, soit dans la construction d'une longrine de béton sous chaque rail, soit dans l'établissement d'une semelle en béton de 15 à 25 centimètres d'épaisseur dans toute la largeur de la voie,

de manière à former un soubassement sur lequel est posé le rail dont on enrobe dans le béton toute la partie inférieure jusqu'au niveau du revêtement de la route; on soutient aussi le rail latéralement à l'aide de blocs de bois prenant appui sur la couche inférieure du béton.

Ce procédé conduit, nécessairement, à la formation de deux couches bien distinctes de béton, la durée qui s'écoule entre la confection de la première et de la seconde étant souvent de une à deux semaines. Ce système pouvait suffire à la rigueur au temps où l'exploitation des tramways se faisait par chevaux et où les véhicules avaient un poids relativement faible.

Les choses ont changé depuis l'introduction de l'exploitation électrique et la mise en service de lourdes voitures motrices dont les vitesses ont augmenté dans de notables proportions. De plus le profil léger et mal conformé du rail ne répondait plus aux nouvelles nécessités. Il n'est donc pas étonnant que les rails soutenus seulement par la couche supérieure de béton, sans attache d'aucune autre nature et posés sur leur fondation aient fini par s'ébranler et se détacher de leur enveloppe.

On fut perplexe au début, lors des premières constatations faites à ce sujet. Une quantité d'essais insignifiants furent entrepris pour chercher à remédier à la situation. L'assiette inférieure en béton fut refaite, puis la couche supérieure exécutée immédiatement après achèvement du béton de fondation, afin de souder les deux massifs et d'éviter la production d'un joint, mais le tout sans succès appréciable.

Dans certaines localités, la voie ainsi bétonnée est laissée au repos pendant de longues semaines, avant qu'elle ne soit livrée à l'exploitation, afin de laisser suffisamment durcir le béton et de le rendre plus résistant à l'action destructive du rail.

Dans ces derniers temps, on a pensé remédier au mal en donnant au rail un profil plus lourd et de plus grande hauteur, afin de le noyer davantage dans la masse du béton et de lui faire acquérir de ce chef plus de rigidité.

De l'avis d'autres techniciens, cette dislocation produite par le rail pourrait être combattue de la façon la plus efficace en posant la voie sur des supports spéciaux et en l'y ancrant

au moyen d'attaches dans le béton de fondation et dans une couche supérieure de béton enrobant ces supports.

La méthode la plus simple consiste à relier les rails par des étriers en fer rond noyés dans l'assiette en béton et dont les branches latérales retournées vers le haut sont filetées pour être fixées au patin du rail au moyen d'écrous et de plaques de serrage (fig. 4). Ce système est souvent appliqué lorsqu'il s'agit de donner de la fixité à des rails reposant sur une ancienne fondation en béton et qui se sont relâchés.

Parmi les dispositifs mis à l'essai, il convient de citer celui qui fut appliqué à Dresde par feu l'Oberbaurat Klette (1); il consiste à asseoir les rails de la voie sur des sièges métalliques et à les relier à ceux-ci au moyen d'éclisses à leur base (fig. 5).

Berlin a adopté en 1908, pour de nouvelles lignes de tramways, un système de fondation analogue et basé sur le même principe (fig. 6): les sièges d'ancrage du type Klette y sont remplacés par des fers I de PN 15 placés transversalement sous la voie et sur lesquels les rails sont fixés à l'aide d'étriers spéciaux. La hauteur de pose des rails est réglée au moyen de doubles coins, qui traversent une entaille pratiquée dans les étriers d'ancrage. Ces traverses en forme de I sont distantes de 2 mètres environ les unes des autres.

Récemment, le docteur Eisig, Directeur des Tramways de Chemnitz, a cherché par un mode de fixation spécial, à donner aux rails plus de rigidité dans leur enveloppe en béton (2). A cet effet, l'âme des rails est traversée par des étriers en fer ronds (fig. 7) placés à de petits intervalles les uns des autres, ce qui donne à la construction un aspect particulier. En enrobant les rails et leurs armatures dans le béton, on forme un système de poutres continues en béton armé. Nous ignorons si ce mode de construction conduira aux résultats qu'on en attend; mais il est visible que l'on se heurtera à de grandes difficultés pour procéder au remplacement des rails et que cette opération en tous cas sera coûteuse.

Parmi les autres systèmes, il y a lieu de mentionner celui qui a été imaginé par M. Wattmann, Directeur des Tramways de Cologne, mais qui n'est guère applicable qu'aux routes pavées en bois et qui est actuellement à l'essai en cette loca-

---

(1) Voir " Technisches Gemeindeldatt, n° 15 et 16, tome 9, année 1906 ".
(2) Voir "Zeitschrift für Transportwesen und Strassenbau. N° 20 de 1909 ".

lité. Estimant que la pénétration de l'eau sous le patin du rail favorise considérablement le détachement du rail de la masse de béton qui l'enveloppe, M. Wattmann a soin de ne pas poser directement le rail sur la fondation de béton, et de lui faire prendre appui sur son soubassement par l'intermédiaire de coins en bois (fig. 4). L'espace libre entre le rail et l'assiette en béton est rempli de pierraille ou de gravier, et les eaux d'infiltration sont conduites dans le sous-sol par des drains qui traversent le béton. L'efficacité de cette disposition paraît être douteuse, la couche de gravier ou de pierraille devant rapidement s'engorger et créer un obstacle au passage des eaux de pénétration. De plus, la fondation en béton présente des points faibles et est exposée à de nombreuses ruptures, ce qui est également très défavorable.

Le succès des divers genres de fondation esquissés ci-dessus pour asseoir une voie de chemin de fer, et tous basés sur le même principe, dépend du temps de prise du béton de fondation et des conditions qui peuvent influer sur son durcissement; toute circonstance nuisible à ce dernier résultat doit être écartée, mais dans les grands centres, tels que Berlin et ses faubourgs, il n'est généralement pas possible de respecter les délais voulus pour que le béton fasse suffisamment prise: tout retard prolongé soulèverait de vives réclamations quant à la lenteur de la marche des travaux de pose et aux perturbations qui s'en suivent pour le trafic. La prise du béton est en outre encore retardée lorsque le temps est frais ou à l'humidité.

Dans de telles conditions, que l'on adopte d'ailleurs purement et simplement, des rails d'un profil lourd et de hauteur relativement grande, ou qu'on les surélève sur des supports métalliques, on ne peut, malgré les frais élevés auxquels ces dispositifs donnent lieu, garantir que l'adhérence du rail au béton se maintiendra. La masse doit se désagréger dès le début d'une mise en exploitation prématurée de la voie et l'on s'apercevra rapidement des dislocations dues précisément au fait que les matériaux qui doivent assurer la rigidité de la voie n'ont pas encore acquis la résistance voulue. Il est donc inadmissible — le cas se présente cependant fréquemment — de vouloir exécuter des travaux de ce genre durant l'exploitation d'une ligne, sans aboutir forcément à de fâcheux mécomptes.

On arrive à de meilleurs résultats lorsque pour constituer le massif de fondation de la voie et même celui qui doit entourer le patin du rail, on a soin, autant que faire se peut, de ne pas mettre en œuvre du béton confectionné sur place, même si l'on évite, dans la mesure du possible, de mettre les rails directement en contact avec le béton sous quelque forme que ce soit.

Un système idéal de fondation pour les tramways des grandes villes où la circulation est intense serait réalisé, en posant les rails de la voie, d'une manière permanente, sur un soubassement exécuté d'avance sur un chantier quelconque et présentant au moment de sa mise en place la résistance voulue. Ce soubassement devrait en outre être constitué de façon à se concilier avec la possibilité d'un remplacement rapide et aisé des rails et avec le moins de dégradation possible lors de la réfection de la voie, sans être accompagné de trop de bruit; il devrait au surplus assurer une assiette convenable à la voie pour un profil de rail de hauteur modérée, sur lequel le roulement se ferait tranquillement, et enfin il ne devrait pas donner lieu à une dépense exagérée.

Sur proposition de M. Reinhardt, Inspecteur des travaux, appuyée par l'auteur du présent rapport, l'administration de la commune de Schöneberg, l'un des faubourgs de Berlin, entreprit dès 1902 des essais pour approprier l'emploi du béton armé à l'établissement des voies de tramways et pour asseoir celles-ci sur des dalles en béton armé confectionnées à l'avance, afin de ne plus devoir attendre, comme cela se pratiquait encore presque partout à cette époque, que le béton de fondation ait fait prise sur place. Ces dalles étant confectionnées longtemps à l'avance et transportées à pied d'œuvre sous forme de blocs résistants, la pose des rails pouvait se poursuivre immédiatement après la mise en place du dallage, sans être astreint à plusieurs jours d'attente comme dans la méthode ordinaire. Il a été reconnu par la suite que le système Reinhardt ou de Schöneberg, qui a été décrit dans plusieurs publications (1), était efficace et donnait de bons résultats ; il permettait, en effet, non seulement d'assurer aux rails une fixation de longue durée, mais encore de reprendre l'exploi-

---

(1) Voir "Zeitschrift für Transportwesen und Stassenbau, nos 5-7 et 7-10 des années 1907 et 1908 ".

tation quelques heures après la pose, et même de transformer rapidement et avec succès l'ancien mode de fondation sur une ligne en exploitation.

Nous faisons connaître ci-après un nouveau système de fondation qui dérive du système Reinhardt, et pour le comprendre, nous croyons devoir entrer dans quelques détails au sujet de ce dernier.

Les dalles en béton armé sur lesquelles s'effectue la pose de la voie (fig. 8) ont généralement 10 centimètres d'épaisseur et sont percées de trous pour le passage de tiges de boulons. La partie sur laquelle doit reposer le patin du rail est préalablement enduite à chaud avec un produit bitumineux, puis on attache aux dalles à l'aide de boulons et de plaques de serrage (fig. 9) les rails placés sur des appuis provisoires à leur emplacement définitif. Les grands efforts que subissent les dalles à la suite du serrage énergique des écrous sont supportés par le béton armé sans qu'il accuse aucun dommage, lorsque les dalles sont assez anciennes (3 mois au minimum) et lorsqu'elles ont été confectionnées conformément aux prescriptions en vigueur pour les ouvrages en béton armé (mélange de 1 volume de ciment pour 3 volumes de gravier d'une grosseur maximum de 7 m/m). Des ruptures ne surviennent que très rarement lorsque les dalles sont fabriquées suivant ces dosages (l'expérience a montré que le nombre des ruptures était de 1 0/0 au maximum). Sous les dalles fixées aux rails à des distances variant de 1 m. à 1 m. 40 suivant les circonstances, et qui se trouvent alors suspendues à 3 ou 4 cm. au-dessus du plan d'assise de la fondation, on coule alors un mortier de ciment (1:2) qui ne doit pas être trop liquide, ou encore de l'asphalte liquide, lorsque la mise en exploitation de la voie doit avoir lieu de suite. Il est procédé ensuite au remplissage des espaces libres compris entre les dalles et le patin du rail, et à l'enrobage du patin même du rail à l'aide de béton de bonne qualité, pas trop humecté, que l'on pilonne en une seule fois jusqu'au niveau inférieur du pavage. On incorpore de cette façon dans le béton de fondation de la route des armatures sortant des côtés latéraux des dalles, et l'on forme un monolithe, qui empêche non seulement les dalles de se tasser séparément, mais encore de se détacher du béton de fondation du pavage. La fig. 9 fait voir en coupe le profil transversal d'une voie ainsi constituée. On peut, pour réduire

la dépense, donner au béton de fondation entre les rails la forme d'une voûte surbaissée.

La fig. 10 représente la voie assise sur un dallage en béton armé, avant que le remplissage ne soit exécuté.

Quoique le système Reinhardt, qui a été appliqué depuis l'an 1902 à de grandes étendues de lignes de tramways à Berlin ainsi que dans la banlieue de cette capitale et dans d'autres villes, ait donné d'excellents résultats et assuré la fixité de la voie, lorsqu'il est exécuté dans de bonnes conditions, l'on a cependant souvent objecté que des difficultés surgiraient au moment de procéder à la réfection de la voie et au remplacement des rails, et qu'il serait probablement nécessaire pour cette dernière opération, de démolir entièrement la fondation existante.

Il faut reconnaître que l'ancien système de fondation qui comprend deux couches superposées de béton est plus avantageux sous ce rapport, étant donné, que si la couche inférieure reste intacte (ce qui n'est cependant pas toujours le cas), il n'y a lieu de démolir que la couche supérieure de béton pour procéder au remplacement des rails; ce travail n'offre aucune difficulté lorsque le profil du rail n'a pas une hauteur exagérée.

Il en sera toutefois de même dans le *système de Schöneberg*, et le travail de remplacement ne sera pas aussi important qu'on l'a cru au début, étant donné que pour le profil de rail Phœnix 14 F, par exemple, dont la hauteur est relativement réduite et qui a été employé sur les grandes lignes des tramways de Berlin, l'épaisseur du béton n'atteint que 12 centimètres en contrehaut du dallage, et que, comme l'a montré l'expérience, ce béton peut être démoli assez aisément à l'aide du ciseau actionné à l'air comprimé. Les difficultés peuvent croître sensiblement, en même temps que les dépenses, lorsqu'il s'agit de procéder au remplacement des rails dans les systèmes où, comme dans celui de Klette appliqué à certaines lignes de Berlin, le béton a une épaisseur double environ de celle qui est adoptée dans le système de Schöneberg. Tout bien considéré, la dépense plus ou moins élevée occasionnée par le remplacement des rails joue toutefois un rôle moins important, si les frais énormes dus à une réfection trop fréquente de la voie et du pavage et la suite de la dislocation des rails, peut être évitée, sans compter les avantages qui résul-

tent de la suppression des perturbations dont le trafic a à souffrir et des autres désagréments qui en sont la conséquence, tels que les conflits notamment entre les entrepreneurs et les compagnies de tramways.

Le remplacement des rails n'en constitue pas moins un point critique, mais il est commun aux autres systèmes.

On doit s'efforcer de chercher à supprimer tout contact entre le rail et la fondation de béton, de manière à pouvoir procéder à la réfection de la voie sans aucune difficulté, et sans manifestation bruyante et énervante pour les habitants des grands centres, surtout lorsque le remplacement des rails est effectué de nuit.

Il n'y a pas à nier au surplus que le roulement des voitures de tramways s'opère d'une façon moins tranquille sur des rails noyés en majeure partie dans une masse peu élastique de béton et présentant un excès de rigidité, que sur des rails isolés de la fondation, par exemple, par de l'asphalte. C'est précisément dans les systèmes de fondation avec coffre de béton de 35 m/m de hauteur et davantage, que cet inconvénient se manifestera à un plus haut degré que dans le système de Schöneberg, où la couche de béton n'a en moyenne que 20 centimètres d'épaisseur, correspondant à l'épaisseur généralement admise pour les fondations des pavages en asphalte.

Les considérations qui précèdent ont conduit à un nouveau *perfectionnement* du système, qu'il fut d'ailleurs aisé de réaliser. — Il suffisait de donner aux dalles de fondation une forme d'auge et de les rapprocher à joints serrés les unes des autres. La fig. 11 montre un tronçon de voie exécuté de cette façon en 1909, vers la fin de l'automne, dans le Mühlenstrasse à Schöneberg. La pose de la voie est semblable à celle qui se pratiquait dans le système primitif. Les rails ont été posés à leur emplacement définitif sur des appuis provisoires, puis dressés et reliés entre eux à leurs extrémités par soudage électrique. La compagnie des grandes lignes de tramways de Berlin avait adopté pour les rails un profil à rainure de 110 m/m de hauteur ; mais les laminoirs n'étant pas montés pour fournir promptement à Schöneberg un profil analogue de 100 m/m seulement de hauteur, le choix se porta ici, sur le profil en usage pour les voies de grues roulantes, dans lequel la rainure de tête fut pratiquée après coup.

Les dalles en béton armé confectionnées en forme d'auge et ayant 80 centimètres de longueur, 50 centimètres de largeur et 12 centimètres d'épaisseur avec rebords latéraux de 6 centimètres de hauteur, furent enduites comme précédemment d'asphalte dans le creux de l'auge à l'emplacement où devait reposer le rail, puis glissées sous ceux-ci et boulonnées; l'espace libre de 7 à 8 cm. compris entre les dalles et le fond de la voie fut alors soigneusement comblé avec du béton à l'état relativement sec. Après avoir mis de cette façon une certaine longueur de voie en place, les vides des trous de boulons furent fermés à l'aide d'un coulis de ciment et les espaces compris entre le rail et les parois latérales des longrines de béton armé, remplis d'asphalte. Du béton fut ensuite damé dans la partie libre entre les longrines puis les joints entre les dalles, fermés au moyen d'un coulis au mortier de ciment.

Tout entretoisement entre les rails fut jugé superflu; les deux files de rails n'ont donc aucune liaison entre elles sur la nouvelle section de la ligne de 70 m. de longueur dont il vient d'être question.

Les longrines mises en œuvre ayant été pourvues comme les premières dalles, d'armatures dont les fers sortent latéralement du massif de béton armé, il y a lieu d'admettre ici comme dans le cas précédent, que la fondation de la voie fera corps avec celle du pavage de la route. Dans le dernier dispositif les rails n'entrent plus en contact avec l'assiette en béton; ils sont isolés par de l'asphalte, et celui-ci est séparé à son tour du béton de fondation du pavage par les rebords latéraux des longrines en béton armé. Lorsqu'il y a lieu de procéder à la réfection de la voie, l'asphalte peut être chauffée et éloignée sans difficulté, puis les rails enlevés de leur logement en desserrant les écrous, et remplacés par de nouveaux. L'isolement en asphalte agit également comme corps élastique pour atténuer le bruit au passage des charges. Ce bruit peut être combattu mieux encore en intercalant du feutre métallique sous le patin du rail. Ce genre d'isolement offre des avantages, lorsqu'il est utile de tenir compte de la dérivation du courant électrique dans le sol.

Le rail prenant appui d'une façon continue sur une surface incompressible à laquelle il est relié à de très courts intervalles, on peut renoncer à l'emploi des profils de grande

hauteur, qui sont plus onéreux, moins stables et plus difficiles à remplacer que des profils de hauteur réduite.

Le travail d'exécution ne présente pas de difficultés. Le poids des longrines en béton armé étant relativement élevé, — il atteint environ 130 kilogrammes — il convient de ne pas les laisser suspendues au rail lors de la mise en place, et de leur faire prendre appui sur des supports provisoires (fig. 11) avant que le bourrage au mortier de ciment ne soit effectué sous la semelle, sinon le rail subirait des flexions. Dans les courbes, il peut être fait usage du même système de dalles, en élargissant un peu la cunette réservée au logement du rail, mais pour les croisements et les changements de voie on a recours à des blocs spéciaux. Si les essais entrepris à Schöneberg conduisent à de bons résultats — et tout fait prévoir qu'il en sera ainsi, à en présumer d'après les résultats obtenus sur les anciennes lignes établies en béton armé — la Compagnie des grandes lignes de tramways de Berlin se propose d'adopter insensiblement pour ses voies un profil de rail n'ayant que 100 m/m de hauteur, à patin présentant plus de largeur que la base du profil Phœnix 14 F, et dont l'âme sera renforcée ; ce nouveau profil sera beaucoup plus stable que celui qu'elle a employé jusqu'ici. La base étant élargie, les plaques de serrage, qui ne sont pas très recommandables, pourront être supprimées et les boulons pourront traverser les patins du rail pour être serrés directement à l'aide des écrous, ce qui assurera un meilleur mode de fixation à la voie. Les évidements ménagés dans les dalles pour le placement des plaques de serrage, et qui augmentaient leur prix de revient et en diminuaient la résistance, pourront disparaître à leur tour, ce qui permettra de réduire le volume de remplissage. La pose de la voie sera donc réalisée telle qu'elle est représentée figure 12 en coupe transversale.

A notre avis, le dispositif tel que nous venons de le décrire en dernier lieu, résoud dans ses grandes lignes, *pour des routes pavées en asphalte, le problème de la fixation des rails et de la constitution des fondations des lignes de tramways.*

Le même système est évidemment applicable aux routes *pavées en bois*, mais il est inutile alors de donner aux dalles la forme en auge. La fondation aura donc la forme adoptée en premier lieu, sauf à rapprocher les dalles entre elles et

même à les juxtaposer, alors qu'elles présentent de l'une à l'autre dans le système primitif de grands intervalles avec béton de remplissage.

Le dispositif qui fixe les rails étant facilement accessible par le dessus de la voie, il sera possible, si un relâchement se produit, de remédier aisément à cet inconvénient en démontant le pavage et en agissant sur les écrous de serrage. Dans ce système de fondation de la voie, toute pénétration d'eau le long du rail qui, comme on sait, est une cause de destruction pour le béton peut être considérée comme impossible parce que l'asphalte comprimé entre l'âme du rail et les rebords des dalles en béton armé assure l'isolement dans des conditions bien meilleures (et dont on peut facilement se rendre compte) que l'asphalte que l'on comprime dans d'autres systèmes entre la tête du rail et la couche de béton, sous forme de coin longitudinal, et que l'on reconstitue rarement convenablement lors du démontage de la voie.

Il va de soi que pour empêcher la pénétration des eaux, l'étanchéité doit également être assurée au droit du joint des rails. Il est complètement superflu de ménager des joints de dilatation dans le cas qui nous occupe; ces joints nuisent à la durabilité de l'ouvrage; c'est pourquoi sur les grandes lignes de tramways de Berlin, les rails sont posés depuis quelque temps à joints serrés et à peine reconnaissables à l'œil nu.

Il est à peine besoin de dire que des voies du genre de celles supportées par un dallage continu en béton armé, peuvent être *livrées* à l'exploitation *de suite* après l'achèvement des travaux. Le fait que le béton de bourrage sous le dallage peut ne pas encore avoir fait suffisamment prise, n'a pas d'importance, la pression transmise atteignant au maximum un kilogramme par centimètre carré dans les hypothèses les plus défavorables, et cette charge pouvant déjà être supportée sans inconvénient, après un laps de temps très court, par ce béton. Mais l'*avantage principal* du nouveau système de fondation réside dans la suppression de toute *démolition de béton*, lors du démontage de la voie, et dans la suppression du bruit qui accompagne cette opération.

Si donc, d'une part, le montant des dépenses se chiffre par des sommes un peu plus élevées pour ce système de fondation, il convient de ne pas perdre de vue, d'autre part, les économies

qu'il permettra de réaliser dans la suite, le béton de fondation ne devant plus être éventré, et il en sera ainsi même si cette dernière opération ne doit s'effectuer dans les autres systèmes qu'à de longs intervalles de temps. Des *économies* résulteront également de la *réduction de la hauteur et de la diminution du poids du profil des rails*, ainsi que de la *suppression des entretoises* entre ceux-ci. Lors de travaux d'une certaine importance, le coût complet d'établissement d'une voie ferrée à écartement normal ne dépassera pas 65 mark par mètre courant de ligne à double voie. Ne sont pas compris dans ce montant le coût des rails et du revêtement en asphalte.

A titre de comparaison, nous indiquerons ci-après les frais d'établissement de voies d'autres systèmes :

1o. — Lorsque la fondation de la voie se compose d'une semelle en béton de 15 centimètres d'épaisseur et de 5 m. 30 de largeur, au mélange de I : 4, pour rails de 16 centimètres de hauteur, y compris le coulis d'asphalte sous le patin du rail, ainsi que la couche supérieure de béton d'une épaisseur de 14 cm. et le remplissage des espaces libres sous la tête du rail par de l'asphalte, soit . . . . 54 42 M, le m.

2o. — Le système de fondation de la voie est le même que dans le cas précédent, sauf que l'épaisseur de la semelle inférieure en béton est portée à 20 cm., soit. . . . . 61.05 » »

3o. — Fondation de la voie en dalles de béton armé et ancrage des rails, les dalles étant distantes entre elles de 1 m.40 d'axe en axe, soit 51.37 » »

Comparativement au coût des divers systèmes assez récents de fondation dans lesquels on emploie des rails lourds et de hauteur relativement grande, les frais d'établissement d'après les systèmes de Schöneberg doivent donc être considérés comme étant relativement peu élevés.

Nous avons vu au début de notre rapport, que les voies ferrées ont une influence nuisible sur les pavages établis dans leur voisinage. Déjà du fait que le roulage ordinaire recherche les rails pour y circuler, même lorsque le pavage de la route ne laisse rien à désirer, il s'ensuit pour le pavage le long de la voie une usure beaucoup plus grande que l'usure normale en dehors des limites du chemin de fer. Même s'il

existe des ranges de pavés longitudinalement aux rails, il se forme souvent des dépressions le long de ceux-ci, lorsque le pavage n'a plus été réfectionné depuis quelque temps.

Cette usure est évidemment encore bien plus intense sur une route avec revêtement en asphalte; et il en est de même pour celles qui sont pavées en bois. — C'est pourquoi les prix adjugés aux entrepreneurs chargés de l'entretien du pavage, sont bien plus élevés pour les parties qui tombent dans la zone de la voie ferrée, que dans les autres parties de la route. A ces frais résultant de l'entretien normal viennent encore s'ajouter, pour la réfection du pavage, des frais extraordinaires lorsque les rails n'ont pas une fixité suffisante, et ces frais souvent très élevés constituent fréquemment une dépense permanente, car les rails une fois ébranlés ne peuvent recevoir que très difficilement dans la suite la fixité voulue.

Dans les systèmes de pavage à fondation de béton, notamment dans le cas de l'asphalte, les dégradations ne sont pas limitées, lorsque la circulation est intense, au seul revêtement de la chaussée; il arrive fréquemment que l'assiette en béton est également atteinte et qu'il en résulte des flaches dangereuses pour le trafic. Lorsque le béton a une dureté suffisante et que le travail de fondation a été bien exécuté, ces dégradations sont plus rares et ne surviennent guère que si l'on néglige de veiller à l'entretien de la route. Mais lorsque le béton mis en œuvre est maigre, qu'il a dû être confectionné avec beaucoup d'eau et qu'il est poreux et spongieux, les détériorations sont plus fréquentes, par suite de l'humidité entretenue en permanence dans la masse.

Aux emplacements où les dégradations ont pris une certaine extension par suite de la dislocation et de l'ébranlement des rails, une réfection radicale de la voie devient indispensable. Là où la circulation ne peut être interrompue et où le trafic ne peut être dérivé par une autre voie, on intercale souvent à Berlin et dans ses faubourgs des bouts de *longrines en béton armé* de 0,80 à 1 m. de longueur au lieu et place de la fondation existante, que l'on démolit à l'aide de ciseaux actionnés à l'air comprimé; ces longrines sont placées sur une couche de bitume. — On ne doit donc pas attendre que le nouveau béton ait fait prise, et le revêtement en asphalte peut être remis aussitôt en état. Cette méthode a été appli-

quée surtout aux extrémités des rails au droit des joints; mais on l'applique actuellement également aux autres tronçons de la voie, notamment pendant la saison froide. Au début, ces longrines en béton armé étaient reliées par des dispositifs spéciaux aux fondations courantes de la voie, afin d'éviter des dislocations. On a obtenu de bons résultats, lorsque cette solidarité était établie dans le cas de dalles en béton armé, auxquels les rails étaient ancrés. Mais ce système de réfection de la voie est toujours très onéreux. Le côté avantageux du système, c'est que les longrines en béton, lorsqu'elles sont bien conditionnées, sont beaucoup plus résistantes que le béton de fondation confectionné sur place. Aussi, ne sont-elles pas si rapidement détériorées par l'ébranlement des rails et les dépressions produites par le roulage dans le pavage.

Le plus récent des deux modes de fondation appliqué à Schöneberg, celui des longrines en forme d'auge, dans lesquelles sont logés les rails (fig. 12) présente ce même avantage : les rebords longitudinaux de ces longrines s'élèvent jusque sous la face inférieure du revêtement de la route, et ce revêtement repose donc ainsi directement sur des pièces en béton armé au mortier riche et bien damées, ce qui les rend résistantes et étanches. Ensuite toute pénétration des eaux est encore rendue impossible grâce à l'asphalte coulé entre l'âme des rails et les faces longitudinales intérieures des longrines.

L'idée d'isoler le rail de la masse environnante du béton n'est pas nouvelle. Il y a quelque temps déjà que dans quelques localités, des rails de voie ferrée ont été logés dans des caniveaux de forme rectangulaire ménagés dans la fondation en béton du pavage, avec remplissage d'asphalte de tout l'espace libre jusqu'au niveau de la chaussée. Mais les grandes quantités d'asphalte employées dans ce système, le rendent très coûteux; la solidité de la fondation dépend en outre de la qualité du béton confectionné à pied d'œuvre, et comme les rails ne sont point reliés au massif de fondation qui les porte, le système n'offre aucune garantie contre les désagrégations et les dislocations. Celles-ci sont encore plus à craindre dans le dispositif dont il vient d'être question que dans le système de fondation plus ancien comprenant deux couches superposées de béton, parce que l'eau ayant pénétré le long de la voie

ne trouve aucune issue pour sortir de la cunette des rails Ce mode d'établissement de la voie ne serait admissible, si l'on veut pouvoir procéder sans trop de difficulté au renouvellement des rails et sans causer trop de dégâts au revêtement de la chaussée, que si l'on adoptait des rails de faible hauteur. Pour qu'il en soit ainsi, il faut que le rail soit solidement assis sur sa fondation, sinon les profils de grande hauteur s'imposent.

Les efforts tentés pour trouver un système de fondation répondant au but que l'on se propose, ont conduit à imaginer toute une série de dispositifs dont nous n'avons esquissé ci-dessus que les principaux. Impossible de tous les énumérer et de tous les décrire, cela nous entraînerait trop loin. L'expérience a montré que beaucoup d'entre eux doivent être rejetés et ne doivent plus avoir qu'une valeur historique. Les essais entrepris pour trouver le moyen de relier les rails au massif de fondation de la voie ou au pavage, ne datent pas de temps récents. Déjà, lors des tramways à chevaux, lorsque les premiers pavages en asphalte virent le jour, l'on imagina de nombreux dispositifs qui furent brevetés. Beaucoup d'entre eux ne reçurent point d'application et restèrent à l'état de projet; d'autres ne survécurent guère à leur première épreuve, Pour fixer des rails plats à un pavage en pierre, on a par exemple imaginé des dispositifs dans lesquels les rails sont ancrés aux pierres mêmes du pavage, entaillées pour recevoir les ancrages. Le système de fondation de la voie fait alors partie intégrante du pavage.

Il y a relativement très peu de systèmes qui se soient répandus: ce sont, pour la plupart, ceux qui se distinguaient par leur simplicité et par des frais d'exécution peu élevés.

Des systèmes spéciaux ont encore été mis à l'essai; celui, par exemple, de la combinaison du bois et du béton, par l'emploi de traverses en bois enrobées de béton simultanément avec les rails. Un assemblage de cette espèce comprenant la réunion d'un corps d'origine organique, très élastique et et susceptible de variations de volume, avec un corps minéral rigide et ferme, ne peut donner de bons résultats.

On a aussi disposé des bandes pavées en bois le long des rails, pour chercher à réaliser un mode de réfection plus pratique de la voie ferrée et à parer, par l'emploi du bois, à une

transition trop brusque entre le rail et le revêtement en asphalte, dont les élasticités sont si différentes entre elles. Mieux vaut, quoique le moyen soit dispendieux, recourir à un pavage en bois dans toute l'étendue de la zone de la voie ferrée.

Avant de terminer, disons encore quelques mots de l'influence de la superstructure d'une chaussée sur l'infrastructure de la voie.

Le bon état de conservation du corps entier de la voie ferrée dépend beaucoup de la nature de la superstructure. Lorsque le revêtement est en *pavés de pierre*, on pourra s'autoriser de ce seul fait que le raccordement avec les rails est mieux conditionné pour donner à ces derniers une certaine hauteur qui n'aura pas besoin d'être trop limitée. Moins la fondation offrira de résistance, et plus la rigidité du rail devra être grande. Il va d'ailleurs de soi que la conservation de la voie dépend, en première ligne, de l'importance des charges roulantes et de leur vitesse. Il faut notamment parer aux chocs qui se produisent au droit du joint des rails et relier convenablement ceux-ci entre eux à leurs extrémités.

Pour les routes *pavées en asphalte* les avis sont très partagés au sujet de la conformation de la superstructure. D'après certains techniciens, il faut que la hauteur et le poids du rail soient aussi élevés que possible; par contre d'autres praticiens de valeur estiment que l'on peut faire usage également de profils de hauteur réduite à condition d'asseoir le rail convenablement et de le fixer solidement.

Il y a lieu de remarquer contre les partisans du profil lourd et de hauteur relativement grande, que l'adoption d'un profil de ce genre conduit à une installation coûteuse et que l'efficacité de cette mesure peut paraître douteuse, si l'on ne perd pas de vue que la valeur du moment des chocs latéraux produit sur le rail par les véhicules croît avec la hauteur du profil et qu'avec elle également augmente le danger d'ébranlement et de dislocation du rail même. Au surplus des difficultés plus grandes et des dépenses plus sensibles proviennent du renouvellement des rails lorsqu'ils sont noyés sur une plus grande hauteur dans une masse de béton.

Lorsque les rails sont fixés sur toute leur longueur, la liaison à leurs extrémités se fait de plus en plus sans avoir égard aux joints de dilatation. Cette liaison a beaucoup été réalisée

ces derniers temps par soudage électrique; ce système semble offrir des avantages sur les autres systèmes en usage. Parmi les transformations que subit la surface du rail, et qui sont nuisibles au maintien de sa fixité, il faut signaler les creux qui s'y forment et dont la cause principale réside dans la constitution même des matériaux employés pour la fabrication des rails, car ils se produisent non seulement sur une voie extraordinairement rigide, mais encore sur une voie parfaitement élastique où le rail subit des mouvements d'abaissement et de relèvement. Les inégalités de la tête du rail donnent naissance à un bruit plus intense que le bruit normal au passage des charges, et provoquent des ébranlements plus ou moins violents du rail; on doit donc les faire disparaître par rabottage et limage dès qu'elles paraissent.

Il faut reconnaître que des améliorations notables ont été introduites dans ces derniers temps tant dans la conformation de la superstructure que dans celle de l'infrastructure ou de la fondation de la voie. L'opinion généralement admise, que le moyen de donner au rail une fixité de longue durée n'existe pas, commence à se démentir à la suite des essais entrepris dans ce sens à Schöneberg, et les résultats probants qui ont été obtenus apportent de plus en plus la conviction qu'il ne s'agit plus là aujourd'hui d'un problème insoluble.

C'est à M. Reinhart, Stadt-Bauinspektor à Schöneberg, inlassable dans la recherche de nouveaux perfectionnements dans l'important domaine dont nous venons de nous occuper, que revient le mérite d'avoir fait faire de sérieux progrès à la question de la pose de la voie dans l'établissement sur routes de chemins de fer d'intérêt local et de tramways.

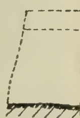
Fr. GERLACH,
Königl Baurat und Stadt Baurat
Schöneberg-Berlin.

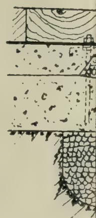
Für die Vereinigung der
technischen Oberbeamten Deutscher städte

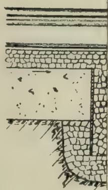
I. A.
Stadtbaurat STEUERNAGEL,
Königlicher Baurat.

(Trad. Fairon.)

66040. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.







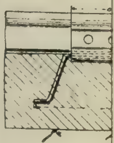


Fig. 1



Fig. 2

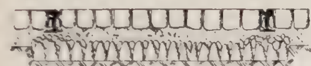


Fig. 3

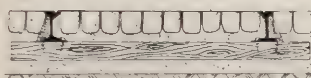


Fig. 4

Querschnitt durch die Entwässerungs-Rohre.

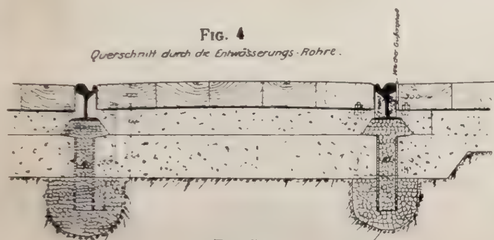


Fig. 5

Seitenschnitt durch die Bettung

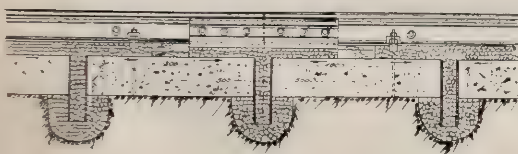
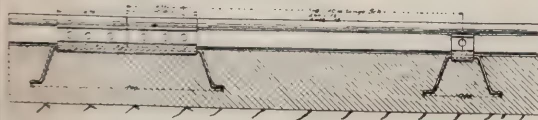


Fig. 6

Längenschnitt.



Querschnitt.



Fig. 7

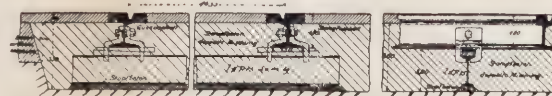


Fig. 8

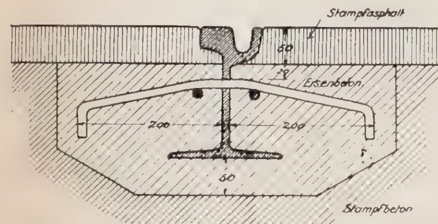
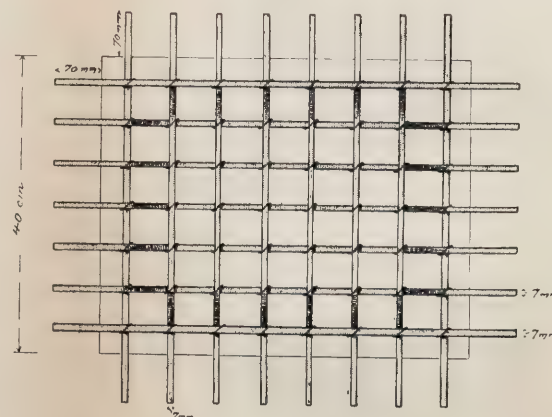
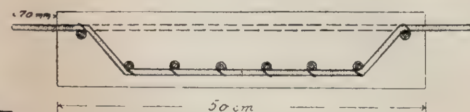


Fig. 9





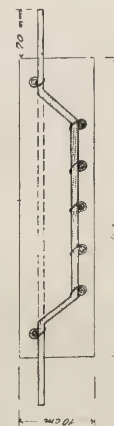


Fig. 10

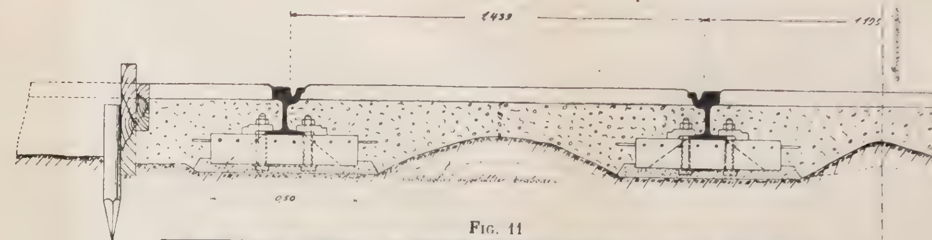
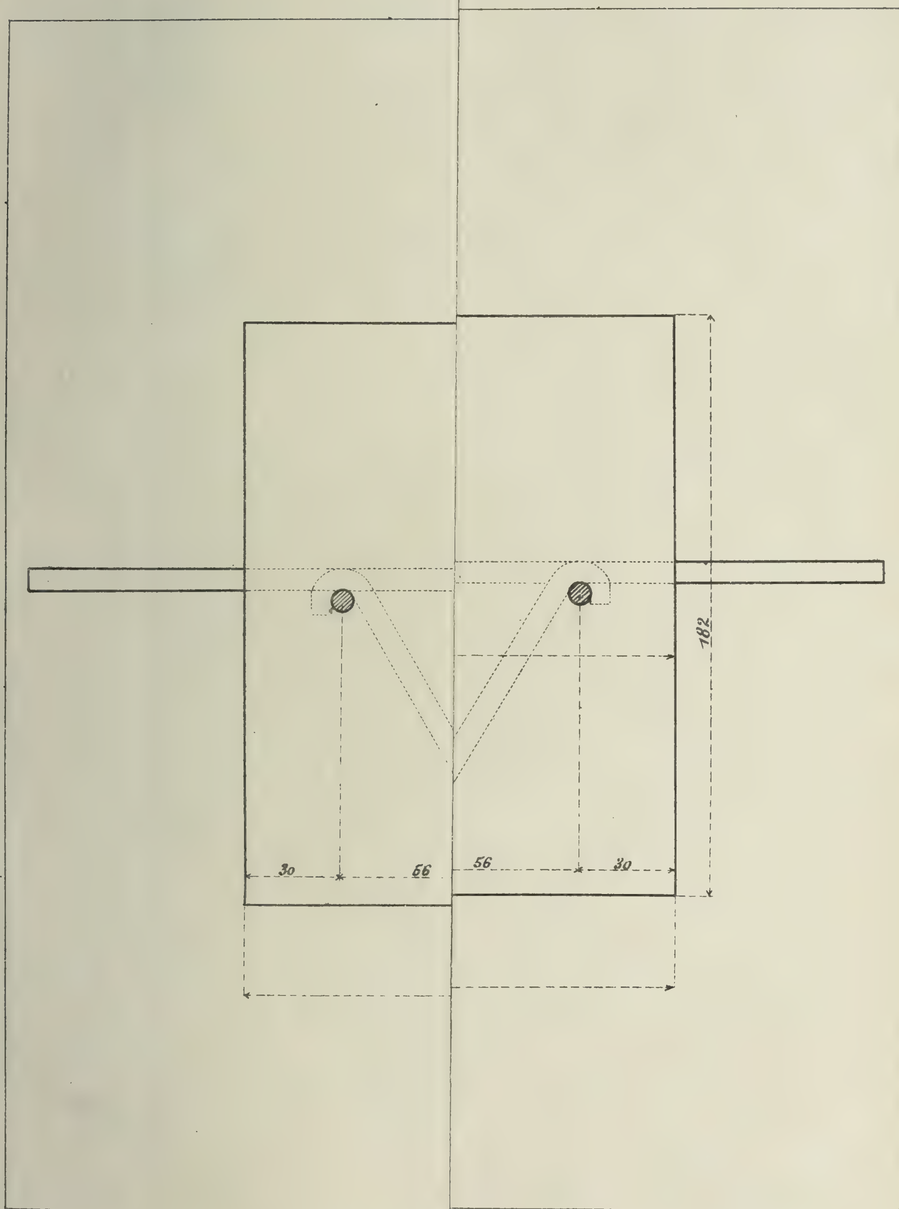


Fig. 11

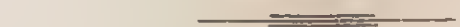






Gerlach, 3e q.

Abbildung 12



Gerlach, 3e q.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[e] CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR

G. ULLMANN
Ingénieur en Chef des tramways de la ville de Vienne

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Etablissement de chemins de fer d'interêt local

et de tramways sur routes

Les considérations qui vont suivre sur le sujet dont il s'agit, se rapportent à la situation qui existe en Autriche.

Lorsqu'une voie de chemin de fer est incorporée dans le profil d'une route servant au trafic ordinaire, ses dispositions doivent être telles, que les rails ne causent pas d'obstacle au roulage. Sur une route, la superstructure d'une voie ferrée non séparée du restant de la chaussée comporte généralement des rails à gorge; sa conformation doit, en tout cas, être telle que les exigences imposées par la sécurité de la circulation et par une marche ininterrompue de l'exploitation de la ligne soient satisfaites. Sur les routes pavées, il faut établir un raccordement convenable du pavage le long des rails.

Les chemins de fer d'intérêt local ont une voie dont l'écartement des rails est de 1 m. 435, de 1 mètre ou de 0 m. 760.

En général, le rayon des courbes ne doit pas être inférieur à 30 mètres; sa valeur pourra, toutefois, être plus petite dans des cas exceptionnels.

Pour une vitesse maximum de 15 kilomètres à l'heure et afin de laisser autant que possible intact le profil transversal de la route, on peut admettre la pose des deux files de rails de la voie à des niveaux différents, mais la surélévation ne doit pas dépasser 50 millimètres pour des voies à écartement normal, 35 millimètres pour celles dont l'écartement est de 1 mètre, et 25 millimètres pour des voies à écartement de 0 m. 760. Dans les parties courbes de la voie, il est possible, toujours pour une vitesse maxima de 15 kilomètres, de supprimer le dévers pour le rail extérieur, mais le rail intérieur ne peut, en aucun cas, être placé à un niveau supérieur à celui du rail extérieur.

Dans les garages, l'entre-voie est généralement disposée de façon à laisser subsister un espace libre de 0 m. 80 entre les courbes extérieures décrites par le matériel roulant; cet intervalle a cependant été réduit quelquefois à 0 m. 40. La largeur libre ainsi déterminée est augmentée dans une certaine proportion, lorsque des pylônes se trouvent placés dans l'entre-voie. L'espace libre qui sépare la courbe enveloppe du matériel roulant, des parapets de ponts ou d'autres obstacles d'une certaine longueur, tels que murs d'habitation, murs de clôture, etc., est de 0 m. 70 au minimum. Cet espace peut être réduit à 0 m. 50 dans le cas d'obstacles isolés, tels que pylônes supérieurs portant une canalisation électrique, réverbères et autres.

Les conditions essentielles propres à assurer l'existence d'un chemin de fer d'intérêt local, résident dans la simplicité des installations et dans la modicité des frais d'établissement et d'exploitation; elles dépendent aussi d'une juste adaptation des installations aux nécessités du trafic.

Des dispositions prises par les Chambres législatives accordent certaines facilités aux entreprises de ce genre et favorisent l'établissement et l'exploitation de chemins de fer d'intérêt local.

L'intervention de l'Etat dans la construction et l'exploitation de lignes de cette catégorie (chemins de fer tertiaires), dont font partie notamment les chemins de fer d'intérêt local établis sur routes, se borne :

1° A l'approbation du dispositif général des installations et du tracé de la ligne;

2° A l'application des mesures de police et de sécurité;

3° A la protection des riverains et autres intéressés contre les dangers d'incendie et autres dommages pouvant résulter des installations et de l'exploitation.

L'utilisation des routes de l'Etat est accordée à titre gratuit. La partie de la chaussée occupée par un chemin de fer d'intérêt local peut être séparée du restant de la route, mais à condition que les barrières éventuelles dressées à cet effet puissent être rapidement enlevées en cas de besoin.

Les charges de l'entreprise d'un chemin de fer d'intérêt local comprennent: les dépenses pour la remise en état de la route lors de la construction de la voie; les frais ordinaires des travaux d'entretien et de nettoiement à effectuer sur la

partie réellement utilisée de la route dans l'intérêt de l'exploitation de la ligne; les frais supplémentaires qui peuvent résulter de cette exploitation pour l'entretien de la route proprement dite; ceux que nécessitent la réparation de dégâts et l'exécution de travaux réclamés par le trafic, de même les frais résultant de l'application des mesures à prendre pour qu'aucune entrave ne soit apportée au trafic et pour que la circulation soit à l'abri de tous dangers, et, enfin, les dépenses auxquelles peuvent donner lieu les travaux de transformation du revêtement de la route et de la pose de la voie, lorsque des tronçons de route subissent des modifications de tracé ou autres.

L'entreprise d'un chemin de fer d'intérêt local n'a pas d'autres charges que celles qui viennent d'être énumérées: ainsi, elle n'a pas à se préoccuper, notamment, de travaux de *renforcement* et d'entretien de ponts ou d'autres ouvrages sur lesquels passe la route, ni de l'entretien et du nettoiement de l'accotement du fossé ou du talus longeant la voie ferrée, ni de l'enlèvement des neiges, à moins que ces travaux ne soient une conséquence de la création de la ligne.

L'établissement de chemins de fer d'intérêt local sur des routes publiques autres que les routes de l'Etat ne peut être autorisé qu'avec l'assentiment des organismes préposés à l'entretien de la voirie de ces routes; ces organismes sont désignés dans les dispositions décrétées sur la matière par les Chambres législatives. Des contrats sont alors conclus, qui doivent être soumis à leur tour à l'approbation des autorités compétentes. L'autorisation voulue est généralement accordée aux mêmes conditions que celles qui sont en vigueur pour les routes de l'Etat, et dont il a été rendu compte ci-dessus.

L'établissement sur routes de chemins de fer d'intérêt local dispense, en général, de procéder à des acquisitions de terrains, souvent si onéreuses, pour asseoir la voie, de même que de l'exécution d'ouvrages d'art, en tant que la résistance des ouvrages existants soit suffisante pour permettre le passage de la ligne. Lorsque l'utilisation des routes et de leurs ouvrages d'art ne peut être mise à profit, l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local rencontre des difficultés et devient même parfois impossible. Il en est ainsi notamment, lorsque la ligne devrait être tracée en dehors de la zone de la route et que son établissement conduirait à la construction

d'ouvrages d'art d'une certaine importance, tels que ponts, viaducs, murs de soutènement et de revêtement, etc.

Le cas le plus favorable pour la création d'une ligne d'intérêt local est celui où la voie peut être établie sur une route d'une largeur suffisante, pour que la zone du chemin de fer puisse être délimitée au moyen de pierres de bordure. Lorsque ces conditions peuvent être réalisées, il sera possible d'éviter la plupart des inconvénients que nous énumérerons ci-après, et qui sont inhérents à l'incorporation, dans le profil d'une route, d'une ligne de chemin de fer non séparée de la voie charretière.

Ces inconvénients sont les suivants :

1° La modération de la vitesse de parcours.

Abstraction faite des entraves qui peuvent être causées à l'exploitation de la ligne par le roulage ordinaire, et qui influent sur la vitesse du parcours, celle-ci peut encore être contrariée par les conditions de pentes et de rampes et par les tournants du tracé de la route. Ces conditions sont souvent beaucoup plus défavorables pour l'exploitation que si la voie était assise sur une plate-forme spéciale.

2° Une usure prononcée des rails et du matériel roulant causée par les conditions défavorables des pentes et des rampes et par les courbes que présentent les routes, dont les chemins de fer d'intérêt local doivent suivre le tracé; de plus, l'usure résultant de l'emploi de rails à gorge.

3° Les changements à faire subir à la voie par suite de modifications apportées au tracé de la route.

Lorsqu'on transforme des tronçons de route, soit en vue de travaux de rectification, soit pour en relever ou en abaisser le niveau dans la traverse de quartiers bâtis, soit pour adopter un nouveau mode de revêtement sur la route, on est fréquemment conduit à faire subir également à la voie ferrée des transformations, qui ont leur influence sur l'exploitation et sur les recettes de l'entreprise.

4° Le coût élevé de la superstructure et la nécessité de pourvoir la route d'un revêtement dans toute sa largeur y compris la zone du chemin de fer.

La voie est généralement établie à l'aide de rails à gorge, afin de rendre la zone du chemin de fer accessible au roulage ordinaire; à cet effet, cette zone est revêtue d'un pavage qui, très fréquemment, est de même nature que celui de la

partie attenante de la chaussée. Aux points de la route où aboutissent ou s'entrecroisent des chemins, ainsi que, souvent au droit des entrées des portes cochères, le pavage est obligatoire dans la zone de la voie ferrée, même lorsque la route n'est pas pavée.

5° Les difficultés d'entretien de la zone du chemin de fer d'intérêt local, par suite de la présence dans cette zone du revêtement de la route.

Pour les travaux de réfection de la ligne, le revêtement des rails, le réglage de l'écartement de la voie, le serrage des écrous des éclisses ou le remplacement des rails, on est forcé de démonter le pavage, même s'il est encore en bon état, et de le rétablir après achèvement des travaux de réparation de la voie, ce qui entraîne d'ordinaire l'emploi de nouveaux matériaux pour une partie du revêtement, et le rebut d'une partie des anciens matériaux.

6° Lorsque la voie comporte des rails à gorge, il y a lieu de procéder en permanence au nettoiement de la rainure des rails et de pourvoir à l'évacuation des eaux de pluie, qui y coulent. Des dispositifs spéciaux doivent être adoptés en vue de l'écoulement des eaux qui s'accumulent dans les points bas de la route et au droit des changements de voie.

La question du nettoiement et de l'enlèvement des neiges qui couvrent la voie ferrée a une réelle importance, notamment dans les contrées où les neiges sont abondantes. Des inconvénients surgissent lorsque le nettoiement de la route se pratique séparément de celui de la voie ferrée.

Il est donc recommandable qu'une entente intervienne entre l'entreprise du chemin de fer et l'administration de la route, pour que ce travail soit effectué d'une façon régulière dans toute l'étendue et sur toute la largeur de la route.

7° Les travaux d'entretien des canalisations logées dans le corps de la route, et la pose de canalisations nouvelles, de câbles, de conduites d'eau et de gaz, ainsi que la construction d'égouts, influent d'une manière défavorable sur l'entretien de la voie ferrée et rendent plus difficile la surveillance à exercer en permanence sur la ligne.

8° La présence de la voie ferrée rompt la continuité du revêtement de la chaussée et provoque une usure rapide des parties du pavage qui touchent aux rails.

Les qualités du revêtement de la route, qui doit être suffi-

samment résistant, convenablement constitué et bien entretenu, atténueront toutefois cet inconvénient et empêcheront que des détériorations d'une certaine importance ne se produisent.

9° Le danger d'accident est plus grand.

10° Pour les lignes de tramways et de chemins de fer d'intérêt local, les dépenses d'entretien sont très élevées comparativement à celles que nécessitent les lignes établies sur plate-forme spéciale ou sur un accotement de la chaussée indépendant de la voie charretière.

La grande usure des rails provenant des fortes déclivités et des courbes prononcées de la route ou résultant de l'adoption de profils à gorge; l'entretien de la zone pavée du chemin de fer utilisée par le roulage et, par suite, sujette à des dégradations, notamment le long des rails; l'obligation de démonter ce pavage lors de la réfection de la voie et, enfin, le nettoiement de cette zone ainsi que celui des rails à gorge, sont autant de charges supplémentaires pour l'entretien des chemins de fer établis sur routes.

L'exécution et l'entretien d'ouvrages d'art et de canalisation, quoique sans rapport direct avec une voie ferrée établie sur route, peuvent également conduire à une augmentation notable des frais d'entretien de la ligne et de la route, mais cette éventualité ne se produit que rarement en dehors des grandes routes.

Conclusions.

Les inconvénients que nous venons d'énumérer peuvent conduire, pour l'établissement de chemins de fer d'intérêt local et de tramways sur routes et pour leur exploitation, à une augmentation notable de la dépense comparativement à celle qui résulterait de l'établissement de chemins de fer secondaires sur plate-forme spéciale ou sur accotement indépendant de la partie de la route réservée au roulage. Ces inconvénients sont souvent largement compensés, toutefois, tant en ce qui concerne les frais élevés d'entretien que les frais de construction, par les avantages que nous avons fait connaître précédemment.

C'est donc sur le vu d'estimations comparatives qu'il con-

vient de décider s'il y a lieu d'établir un nouveau chemin de fer d'intérêt local sur une route, ou d'asseoir la ligne sur une plate-forme spéciale.

Au point de vue du trafic de la route, en général, et notamment eu égard à la circulation de plus en plus intense des automobiles, il convient, en tout cas, d'accorder la préférence à un dispositif, qui prévoit, tant pour le roulage que pour le trafic de la voie ferrée, des zones distinctes et indépendantes l'une de l'autre.

G. ULLMANN.

(Trad. FAIRON)

65957. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR

JOSÉ RODRIGUEZ SPITERI
Ingegnere Jefe de Caminos, Canales y Puertos
Malaga

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER
D'INTÉRÊT LOCAL & DE TRAMWAYS SUR ROUTES
Avantages et inconvénients
Influence sur le mode et les dépenses d'entretien

Les chemins de fer secondaires ou à voie étroite et les tramways sont autorisés et peuvent se construire en Espagne par application de la loi générale du 27 novembre 1877, sur les chemins de fer, et de celle du 30 juillet 1904 sur les chemins de fer secondaires et conformément aux règlements établis pour leur application.

D'après la définition des tramways consignée à l'article 69 de la loi, on désigne sous cette dénomination les chemins de fer établis sur voies publiques.

Le réseau des tramways espagnols est d'une grande importance. Le 1er janvier 1908, il y avait 867 km. 037 en exploitation, 107 km. 830 en construction et 277 km. 051 de lignes concédées, non encore commencées. De ce nombre, 476 km. 493 sont à traction à vapeur, 616 km. 384 à traction électrique et 159 km. 041 à traction animale.

Comme la plupart sont sur routes de l'Etat, de la province ou sur chemins municipaux et sur les rues, le service que rendent ces voies de locomotion perfectionnées est en proportion directe du trafic et de la circulation ordinaires, lesquels s'en trouvent d'ailleurs considérablement améliorés.

Il est clair que, lorsqu'on installe un tramway sur une voie publique, c'est parce que le mouvement et le trafic en sont d'une intensité telle qu'on a besoin de recourir aux facilités et à la puissance du transport que peut fournir un tramway, que celui-ci soit à traction animale ou à traction mécanique.

Mieux vaut la traction mécanique, surtout la traction électrique, à cause des immenses avantages qu'elle offre sur tous les autres systèmes encore en usage, et aussi à cause de la diffusion extraordinaire qu'ont obtenue en Espagne, comme dans les autres pays, les installations électriques qui sont venues utiliser la puissance représentée par le nombre considérable de chutes d'eau des pays montagneux.

Au sujet de la largeur de la voie, pour les tramways, il n'existe aucune limitation, ni aucun précepte légal. Et quoique la largeur de 1 mètre soit la plus répandue, il y a une assez grande variété de largeurs pour les tramways concédés dans les différentes provinces du royaume. Nous devons d'abord faire une remarque. Un tramway gêne toujours et rend difficile la circulation sur route ou voie publique où il s'installe. Et comme nos routes sont en général étroites et leur parcours assez sinueux à cause des accidents du terrain, il convient de ne pas dépasser la largeur de 1 mètre pour les tramways. Cette dimension se plie aisément et s'adapte mieux au terrain là où l'espace manque. On peut réserver les voies de plus grande largeur aux avenues et aux trajets d'une importance exceptionnelle, à ceux où une circulation intense et de conditions spéciales demande l'établissement de lignes extraordinaires.

L'établissement d'un tramway sur une route ou autre voie publique engendre des difficultés, des ennuis, des dangers même pour la circulation des véhicules et des passants. En même temps, il nuit à l'exploitation de ladite voie et en rend l'entretien plus difficile et plus cher. On tâchera donc, toutes les fois que ce sera possible, d'établir aussi bien les chemins de fer d'intérêt local que les tramways près des routes qui en faciliteront ainsi l'accès, mais tout à fait à part de celles-ci, de façon à ce que les véhicules ordinaires ne puissent y passer et aussi pour que les services particuliers à chaque espèce de voie ne viennent pas se superposer ni se gêner le moins du monde.

Dans certains cas, on pourrait admettre l'occupation d'un des côtés de la route afin de diminuer la largeur de la nouvelle zone à acquérir pour les voies ferrées. Mais alors il faudrait faire en sorte que le gabarit du matériel roulant n'arrive pas à la ligne qui sépare l'empierrement, des accotements.

S'il est indispensable d'occuper les voies publiques par les lignes de tramways, on doit tâcher, si la ligne est unique, de

la placer sur un des côtés, afin que la route soit le moins embarrassée possible. Si la ligne est double, comme en général on ne dispose pas d'une largeur suffisante pour que les deux voies soient établies au centre de la chaussée, on pourra les poser de chaque côté, mais alors il faudra veiller à ce qu'il y ait, au centre, une zone de 4 m. 50, destinée à la circulation ordinaire et deux allées latérales et extérieures aux lignes, qui auront, en dehors du gabarit du matériel roulant employé, une largeur libre de 0 m. 50 au moins.

Les lignes des tramways à établir sur routes ou sur chemins ordinaires (et c'est le cas que nous avons à étudier principalement) ayant à supporter, en plus de la circulation des véhicules qui leur sont particuliers, celle des voitures et des chevaux qui iront par la route, doivent être complètement enchâssées et noyées dans le sol sans aucune saillie. En outre, elles offriront la plus grande rigidité et la plus grande résistance possibles et formeront avec la chaussée un ensemble homogène et stable.

Pour remplir ces conditions, il faut d'abord que les rails employés soient de ceux qui présentent une rainure ou échancrure longitudinale à la partie supérieure et du type Broca, Phénix, ou du nouveau modèle américain qui a remplacé le rail à échelon. Ils pourraient être encore conjugués ou doubles du type Marsillon. Ils doivent reposer sur des plate-formes ou longrines en béton et leurs joints, de même que les liens transversaux de la voie, doivent être très solides et disposés de façon que la séparation des rails reste constante malgré les efforts portant sur ladite voie.

On doit renoncer aux traverses en bois à cause de la flexibilité par trop grande qu'elles donnent à la voie, et parce qu'elles sont incompatibles avec une bonne conservation et une exploitation commode de la route.

Les traverses métalliques, outre les inconvénients déjà cités, augmentent considérablement les frais d'installation et de conservation ou d'entretien. Car on sait qu'elles durent peu, pour être complètement enterrées et soumises à l'humidité qui existe dans la plate-forme de la route.

C'est sur des longrines en béton qu'on construit la plupart des tramways en Espagne. Et jusqu'à présent, rien ne nous a obligés à nous déclarer contre leur emploi. Certaines personnes objectent que l'usure ondulatoire des rails est favorisée ou

produite par le soubassement trop rigide. Mais nous n'avons pas pu confirmer pareille imputation sur les différentes lignes qu'en Espagne nous connaissons posées sur du béton afin d'obtenir le plus de rigidité possible.

Il nous semble donc que le meilleur système d'assise pour une ligne de tramways sur route, le moins nuisible pour ces dernières et pour leur conservation, c'est le système des blocs continus de béton dont la section est proportionnelle à la résistance et aux conditions du terrain, section ne mesurant dans aucun cas, moins de 0 m. 15 de profondeur, et toujours plus de 0 m. 05 de large de chaque côté du patin des rails.

Dans les terrains fermes, peu sujets aux déformations et où les routes ne présentent pas un mouvement excessif, on peut poser la voie sur une couche de ballast de bonne pierre bien cassée, sans sable ni gravier, et bien tassée dans les fossés établis le long de la ligne.

Pour ce système de voie, il est convenable que les rails soient à large patin et très hauts, pour assurer la stabilité et la rigidité de la ligne.

Le point faible dans les lignes enterrées ou enchâssées dans le sol, ce sont les joints. Ils occasionnent de sérieux contretemps à l'exploitation régulière et commode des tramways et à la conservation du matériel roulant.

La difficulté qui se présente pour l'ajustage des brides, boulons et autres pièces formant le joint augmente avec le temps et aggrave les inconvénients qu'occasionne le manque de continuité du rail. Il y a plus. Les eaux pluviales et d'arrosage s'accumulent et coulent dans la rainure des rails et la solution de continuité de ces derniers leur permet de s'infiltrer dans le fossé longeant la voie et de produire ainsi leurs pernicieux effets, aussi bien dans les lignes construites selon le procédé ordinaire que dans les pavages perfectionnés et spécialement dans les routes goudronnées.

On doit donc recourir résolument à la voie continue et employer le joint Falk, si connu aux Etats-Unis, ou bien d'autres procédés pour la soudure directe des rails. Cela paraît fort convenable, surtout depuis que l'application de l'énergie électrique aux tramways en s'étendant chaque jour davantage, a offert des moyens faciles et économiques de pratiquer la soudure électrique et d'opérer momentanément la trans-

formation nécessaire pour augmenter l'intensité du courant aux dépens de la tension, afin de l'appliquer convenablement aux appareils à souder.

Le revêtement de l'entrevoie et des zones contiguës est d'une telle importance qu'il nous semble indispensable d'en parler. L'usage suivi ordinairement, c'est que le pavage de l'entrevoie et des espaces contigus (qu'on demande aux concessionnaires des tramways d'entretenir à leurs frais) soit semblable à celui des voies où les tramways se construisent et que les matériaux à y employer, soient de la même qualité que ceux utilisés dans le surplus de la voie publique elle-même.

Cette prescription consignée aux cahiers des charges particuliers de chaque concession est trop large. Par cela même, elle permet d'exécuter des lignes de tramways dans lesquelles les rails sont en contact direct avec le sol sans aucun intermédiaire plus résistant qui serve de protection à la voie. C'est ce qui arrive dans la ligne qui unit Badajoz à la gare du chemin de fer et traverse le Guadigna sur le pont de Palmas. C'est aussi ce qui peut se constater dans des capitales de premier ordre, où d'importants réseaux de tramways, établis dans des rues asphaltées ou pavées en bois, ont leurs rails en contact direct avec l'asphalte ou les pavés de la voie publique.

Les résultats en sont nuisibles à la circulation. En effet, les pavés en pierre ou en bois ont beau être résistants et bien conservés, ils ne peuvent manquer de s'user rapidement dans le voisinage des rails. Alors il se forme des dépressions et des flaches le long de la ligne qui rendent le transit difficile. De plus, les eaux de pluie s'y déposant, nuisent considérablement à la route, lui donnent un aspect détestable et accélèrent sa dégradation.

Dans les voies ou rues asphaltées, des inconvénients analogues se produisent. Les continuelles vibrations des rails causées par le passage des véhicules lourds, à des vitesses souvent peu modérées, les variations de température et le travail auquel sont soumises les lignes et leurs zones contiguës par l'usage commode que les voitures font des rails, sont cause que la couche d'asphalte se fende, se mine même et soit détruite en peu de temps.

Lorsque, dans les cahiers des charges particuliers, il est consigné que l'on doit établir des pavages en contact avec les rails, on place ordinairement une rangée de pavés dans

le sens de leur plus grande dimension et l'on fait en sorte que, tous les deux ou trois rangs, on en place un dans un sens perpendiculaire à la voie du tramway et normalement à la voie publique.

Ce cordon protecteur est fort généralisé dans les lignes de tramways et il ne laisse pas de présenter de sérieux arguments à la critique.

Quoique les routes soient en bon état, les conducteurs aussi bien des voitures légères que des véhicules lourds et des charrettes ont la tendance à les mener dans les zones de la ligne, parce qu'ainsi ils diminuent l'effort, le roulement ayant lieu sur une surface plus rigide et plus résistante. Il est inutile d'ajouter que, lorsque la route est en mauvais état, cette tendance devient une nécessité.

Le passage constant sur les rails des véhicules ordinaires, si différents au point de vue de la largeur des jantes, de la séparation des roues, de leurs chargements et de leur vitesse, l'obligation pour ces véhicules d'abandonner fréquemment les voies pour laisser passer les tramways ou les trains qui circulent, déterminent une usure si rapide du pavage et des mouvements de dislocation tels qu'on est obligé de remplacer fréquemment nombre de pavés et de réparer les cordons protecteurs précités. Cette situation rend beaucoup plus onéreux l'entretien de la voie et des zones voisines à la charge des concessionnaires de tramways, selon les prescriptions courantes des cahiers des charges en vigueur en Espagne, en France et ailleurs.

De plus, elle donne un mauvais aspect à la voie publique et engendre des difficultés, des entraves pour la circulation, motivées par l'exécution de travaux constants pour le renouvellement du revêtement, la pose des pavés et leur nivellement.

Ces inconvénients disparaissent ou s'atténuent considérablement si les routes où a lieu l'établissement des tramways sont entièrement pavées et si ce pavage est construit avec de bons matériaux, bien placés, dans une assise peu sujette aux déformations, surtout si l'on veille à ce que l'entrevoie et les zones latérales ne diffèrent pas du reste de la chaussée, ni n'altèrent sensiblement le profil de la voie publique.

Pour prévenir les inconvénients et les dommages indi-

qués et qui se reproduisent par trop souvent sur les routes et dans les rues desservies par les tramways, il est indispensable, en premier lieu, que les voies altèrent le moins possible le profil transversal et que ce profil soit maintenu, avec soin, symétrique par rapport à son axe. Et comme on ne peut admettre une dénivellation excessive entre les deux rails qui forment la voie, si on n'accommode pas lesdits rails en général au profil transversal de la chaussée, il se produira une ou plusieurs brisures, selon le nombre de voies, dans la courbe du profil en question. Il convient que ces brisures se raccordent entre elles de façon à ne pas produire de points d'inflexion dans lesquels les eaux pourraient se réunir.

Comme la pente transversale des entrevoies doit être très réduite, il faut que la surface en soit la plus unie et la plus uniforme possible, pour que les eaux pluviales puissent s'évacuer facilement, sans s'arrêter jamais dans la zone occupée par les rails.

La non-réalisation de ces conditions et la formation de dépôts d'eau dans l'entrevoie et les zones extérieures de la ligne du tramway établie entre Malaga et El Palo ont été cause que l'on n'a pas obtenu le résultat désiré avec le goudronnage de la route de Malaga à Alméria, où est établie la ligne en question.

Si l'on veut rendre compatibles les services d'un tramway avec ceux de la voie publique où il est établi, il est donc nécessaire d'observer d'abord les conditions exposées au sujet de l'assiette de la voie, de son profil transversal, etc., etc. Mais il est en même temps indispensable de paver d'une manière exceptionnellement soignée, aussi bien l'entrevoie que les zones immédiates aux rails extérieurs et cela sur une largeur d'au moins 0 m. 50 au delà de chaque rail. Il sera toujours préférable de paver avec des matériaux très durs et très résistants (les pavés sablonneux ou calcaires friables doivent être écartés) que l'on fera reposer sur une fondation en béton ou en ballast bien comprimé.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, il est d'usage en Espagne, en France et dans d'autres pays que les concessionnaires de tramways aient l'obligation d'entretenir l'entrevoie et deux zones latérales de 0 m. 50 de largeur chacune.

Cette prescription qui, en général, coûte beaucoup aux entreprises de tramways, donne lieu, dans la pratique à des difficultés et des inconvénients nombreux pour la bonne conservation de la voie publique. Cette conservation demande une attention et un travail soutenus, inspirés par le désir de rendre la viabilité la plus parfaite possible, le service le moins gênant pour le public et le plus économique possible pour l'administration. Et ces résultats ne sont pas faciles à obtenir lorsque les Administrations qui doivent mener à bonne fin ledit entretien sont différentes et sont animées de mobiles et même d'aspirations distinctes.

La raison qui fit édicter la disposition d'après laquelle les entreprises de tramways doivent être chargées de l'entretien et de la conservation de la partie des voies publiques qui nous occupe, cette raison, disons-nous, est juste et raisonnable quand il s'agit de la traction animale des tramways. Car les chevaux et mulets qui sont attelés aux véhicules, produisent dans l'entrevoie et dans les zones contiguës, une usure exceptionnelle du sol, uniquement imputable au moyen de locomotion employé. Mais comme actuellement la plus grande partie des tramways sont à traction mécanique, et que l'on tend à supprimer tout à fait la traction animale, il serait illogique et injuste d'obliger les entreprises de tramways à conserver un pavé qu'elles n'utilisent ni n'usent et dont l'installation spéciale souffre considérablement de la tendance des voitures à employer la voie des tramways parce qu'elle leur est plus commode.

A notre avis, on devrait se montrer plus exigeant pour tout ce qui concerne l'installation des voies, afin que les prescriptions indiquées soient remplies et que la circulation ordinaire soit le moins gênée possible. Dans le cas de la traction mécanique, on devrait renoncer à obliger les concessionnaires ou les entreprises à entretenir une partie de la voie publique. Ce service d'entretien et de réparations resterait tout entier à la charge de l'entité à laquelle appartiendrait la voie publique où le tramway serait installé.

Comme la circulation devient chaque jour plus grande sur les routes et dans les rues où il y a des tramways, et que le nombre de voitures et leur vitesse augmentent aussi, il est indispensable de prêter la plus grande attention aux moyens à employer pour éviter les ennuis aux passants et aux habi-

tants des maisons voisines et en même temps pour rendre la circulation plus commode et plus sûre.

C'est dans ce but qu'est intervenu le décret Royal du 4 juin 1908. Ce décret réforme l'article 121 du règlement en vigueur pour l'exécution de la loi des chemins de fer. Il y est stipulé que lorsque le moteur est à vapeur, il ne doit produire ni fumée, ni bruit spécial capable d'effrayer les chevaux, que l'on doit employer des freins puissants pour arrêter le convoi le plus tôt possible, et que la vitesse ne doit pas dépasser 20 kilomètres à l'heure sur routes et 8 kilomètres environ dans les villes et endroits dangereux. Des vitesses supérieures peuvent être permises si les entreprises le demandent avec raison et après avis des fonctionnaires chargés de l'inspection.

Pour pouvoir s'assurer en tout temps que la marche se maintient dans les limites de la vitesse indiquée, on doit obliger les entreprises à pourvoir les machines ou voitures motrices d'appareils enregistreurs sur toutes les lignes, exception faite pourtant pour les machines indiquées par le Ministère des Travaux publics comme pouvant s'en passer.

Cette disposition récente est d'une grande utilité pour permettre à l'inspection des services de tramways de se faire avec rigueur et pour obliger les conducteurs, dans la crainte d'amendes ou de punitions, à marcher avec les plus grandes précautions. Ainsi pourront être évités les accidents et les chocs qui se produisent si souvent dans les grandes villes et dans les voies très fréquentées.

Comme l'application aux tramways des appareils et des tachymètres est depuis peu en vigueur en Espagne, et que, d'autre part, nous ignorons si l'usage de ces appareils est réglementaire et obligatoire dans les autres pays, nous ne connaissons encore aucun appareil réunissant d'excellentes conditions pratiques. Néanmoins, il est à désirer que l'emploi d'un semblable appareil s'étende. Et comme ce serait une excellente affaire pour l'inventeur et les industriels (un modèle perfectionné devant être adopté partout), nous espérons qu'avant longtemps nous pourrons voir, en Espagne et ailleurs, les voitures dotées d'appareils pratiques, simples et exacts, donnant à chaque moment la vitesse des véhicules. Ils rendraient la surveillance plus efficace et leur seule présence inspirerait une grande prudence aux conducteurs prédisposés au vertige de la vitesse.

Résumé et conclusions.

Les tramways doivent être installés autant que possible en dehors des routes et des voies publiques afin de ne pas ralentir ni gêner la circulation des véhicules et des passants.

S'il est indispensable de les établir sur la voie publique, il faut chercher à en réduire l'occupation. Pour y arriver, on acquerra des bandes de terrain contiguës à ladite voie afin de pouvoir élargir la zone utilisable et de laisser ainsi le plus possible de passage libre sur la route.

Quand on établira une voie double sur les bas côtés des routes, on devra laisser au centre une zone destinée à la circulation des véhicules ordinaires d'au moins 4 m. 50 de large et en outre deux parties libres, latérales et extérieures aux lignes de tramways. Ces parties libres auront une largeur libre d'au moins 0 m. 50 en dehors du gabarit du matériel roulant

On peut recommander, pour la voie, une largeur de 1 mètre sur toutes les lignes, à moins que des conditions spéciales et une circulation exceptionnelle demandent et imposent une autre largeur.

Les voies ne présenteront aucune partie saillante à la surface du sol. Elles seront accompagnées de contre-rails dans toute leur longueur, ou bien elles devront être formées par des rails à rainure, soudés si possible, sans solution de continuité et placés sur des longrines en béton ou, s'il s'agit de terrains très fermes, dans du ballast, avec les dimensions nécessaires pour que la voie soit rigide et ne se déforme pas.

L'espace compris entre les rails et les zones de 0 m. 50 de large, contiguës aux rails extérieurs, devra être pavé avec un matériau choisi, très dur et très résistant, assis sur une fondation solide qui puisse empêcher le défonçage du sol et les déformations de la voie.

Lorsque des raisons de caractère économique ne permettront pas ce système de construction, la largeur de la surface pavée dans l'entrevoie pourra se réduire à un pavé de chaque côté, mais il faudra alors empierrer le reste de l'entrevoie.

La plate-forme du tramway doit s'accommoder le plus possible au profil transversal de la voie publique. Et l'on aura

soin que les raccordements de ses surfaces soient faites de manière que les eaux ne puissent pas y séjourner.

On doit exempter les compagnies de tramways à traction mécanique de l'obligation où elles sont d'entretenir l'entrevoie et les zones adjacentes. Cet entretien sera à la charge de l'Administration qui s'occupe de la conservation de la voie publique où les tramways seront installés.

En échange, on obligera lesdites entreprises à introduire les améliorations nécessaires dans leur installation, afin de diminuer, le plus possible, toutes les causes d'interruption ou de gêne de la circulation ordinaire.

Il convient, enfin, d'exiger dans les installations à moteur à vapeur que ce dernier ne produise ni fumée, ni bruit, que sur tous les véhicules moteurs, on place des appareils enregistreurs ou chronotachymètres pour pouvoir constater en tout temps la vitesse maximum obtenue, et que, en dernier lieu, tous les véhicules soient dotés de freins puissants, à mains ou mécaniques, pour arrêter la marche dans le moins de temps possible.

Malaga, le 31 *Octobre* 1909.

José Rodriguez SPITERI.

65799. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR
GALLIOT
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées à Dijon

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER

D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

L'établissement des lignes de tramways sur les accotements des routes a été, pour ainsi dire, la règle au début de la création de ces voies ferrées tandis qu'aujourd'hui nous assistons à un revirement complet des idées et ce revirement s'est même traduit en France, en l'année 1908, par une circulaire du Ministre des Travaux Publics prescrivant de n'établir les tramways sur routes que dans des cas exceptionnels et quand on ne peut presque pas faire autrement.

Chacune des solutions concurrentes, établissement sur routes ou installation sur plate-forme spéciale, présente ses avantages et ses inconvénients; nous allons essayer d'en dresser un bilan aussi complet que possible et examiner s'il en ressort des conclusions précises.

Nous nous placerons successivement aux points de vue du tramway lui-même, de la route, des riverains et des usagers en général.

Avantages et inconvénients propres au tramway lui-même.

On invoque généralement, comme avantage de la construction d'un tramway sur la route même, qu'il en résulte une

réduction des frais de premier établissement en raison de l'absence d'acquisition de terrains, de la réduction à presque rien des terrassements et de la possibilité d'utiliser les ouvrages d'art existants, mais par contre, le profil des routes impose souvent des rampes exagérées ou des rayons trop courts et le dévers se trouve quelquefois en sens inverse de ce qu'il faudrait.

L'économie de construction est évidemment la seule raison qu'on puisse faire valoir en faveur de l'installation du tramway sur accotements, mais elle est souvent bien minime si ce n'est tout à fait illusoire et il convient, dans chaque cas particulier, de la chiffrer exactement avant de se décider dans un sens ou dans l'autre.

En réalité, l'avantage n'existe vraiment que lorsque la route est assez large pour qu'on puisse s'installer en accotement inaccessible; si, au contraire, on doit établir la voie en rails noyés dans la chaussée même, ce mode de construction est plus cher que l'adoption d'une plate-forme séparée.

En ne considérant que la dépense de premier établissement, l'installation en rails noyés sur chaussée est la plus chère dans tous les cas; on aura toujours avantage à l'éviter, sauf s'il s'agit de tramways urbains à proprement parler et il n'y a à comparer avec la création d'une plate-forme spéciale que l'installation sur accotements inaccessibles.

Dans un pays plat, à routes larges, cette dernière solution peut être séduisante parce qu'elle procure une économie de quelques milliers de francs d'acquisition de terrains et qu'elle évite tout ouvrage d'art, si du moins ceux qui existent pour la route sont assez longs et assez résistants.

Quant à l'économie des terrassements, puisque nous parlons d'un pays plat, où le profil peut épouser partout le terrain, elle sera en général négligeable.

Il ne restera pour se décider, qu'à comparer l'économie d'acquisition de terrains avec les frais supplémentaires d'entretien du tramway qu'occasionne l'installation en accotement. Sur ce point, les avis sont partagés : quelques ingénieurs pensent que les traverses se conservent mieux dans les accotements qu'en déviation, en revanche, tous sont d'avis que leur visite et leur renouvellement sont plus difficiles et plus coûteux.

Le soussigné est de l'avis de ceux qui estiment qu'une

voie en accotement qui reçoit la poussière et tous les détritus de la route est plus vite envahie par l'herbe qu'une voie en plein champ et que les traverses y pourrissent bien plus rapidement. C'est, du moins, ce qui résulte de l'expérience des tramways de son département. La mise en compte de ces frais supplémentaires doit compenser sensiblement l'économie de premier établissement et il semble que, même dans un pays plat, même sur routes larges donnant, sur un de leurs accotements, une plate-forme toute préparée au tramway, l'installation sur accotement n'est pas toujours la meilleure solution.

Dans les pays accidentés, l'établissement d'une plate-forme spéciale sera presque toujours nécessaire. Ces pays comportent en effet de fortes rampes et des courbes de petit rayon, mais aussi, et par cela même que le tracé des routes a été coûteux, des accotements de peu de largeur.

Dans certaines lignes déjà anciennes, on a voulu s'établir en accotement en empiétant au besoin sur la chaussée; les réclamations ont été tellement vives, qu'on a dû ensuite élargir à grands frais la chaussée. Dans d'autres cas, on a élargi d'abord la plate-forme de la route, la différence de dépenses avec celles d'une plate-forme spéciale s'est réduite à bien peu de chose et n'a sûrement pas compensé les inconvénients provenant de l'adoption des courbes et des pentes trop raides de la route. Si, comme il serait rationnel de le faire, on donnait aux parties de la voie ferrée établies en fortes courbes ou en fortes rampes l'excédent de résistance qui devrait raisonnablement correspondre à l'excédent de travail qui s'y dépense, il serait certainement plus cher, dans la majorité des cas, d'épouser exactement les sinuosités tant en plan qu'en profil d'une route en terrain accidenté, que de créer de toutes pièces une plate-forme voisine, établie souvent le long même de la route, mais la quittant pour entrer en déviation toutes les fois que le tracé y gagnerait.

Et si, au lieu de se borner à considérer les seuls frais de premier établissement, on met en compte ceux d'exploitation, cette proposition n'en devient que plus évidente. Non seulement les rayons trop courts, les pentes trop raides diminuent fortement la vitesse possible des trains, mais elles entraînent une consommation supérieure de puissance qui se traduit

en une augmentation des frais aussi bien d'entretien de la voie que de combustible des machines.

Tout considéré, on arrive à cette conclusion qu'en pays accidenté, l'établissement des tramways sur les accotements des routes est rarement recommandable.

Nous ne nous arrêterons pas à envisager le cas de tramways en pays de hautes montagnes; il n'y a là que des cas particuliers; le plus souvent, d'ailleurs, il n'y aura qu'un seul tracé possible, celui qui a déjà été adopté par la route, et, de plus, les ouvrages d'art prendront une telle importance qu'il serait inadmissible de ne pas utiliser ceux qui ont été déjà construits pour la route.

On est ainsi conduit, en n'envisageant que l'intérêt propre de la ligne ferrée, à conclure que son établissement sur accotement peut être obligatoire en pays montagneux, et acceptable dans les grandes plaines, mais qu'en général, il sera, dans les pays moyennement accidentés, inférieur à la création d'une plate-forme spéciale.

Avantages et inconvénients pour la route.

Au point de vue des routes, l'établissement d'un tramway ne présente à peu près que des inconvénients, les petits avantages qu'on a pu quelquefois indiquer n'existent pas à proprement parler.

On ne peut pas mettre à la charge du tramway l'entretien du fossé contigu, parce qu'on changerait ainsi les droits de riveraineté.

On met bien à sa charge l'entretien de la partie de chaussée sur laquelle est établie la voie, on demande même souvent que cette zone soit pavée, mais l'imposition du pavage ne peut raisonnablement se faire que dans les traverses et, pour la voie courante, l'entretien par le tramway est bien plus théorique que pratique; en réalité, le tramway ne s'en occupe pas. Même si l'on peut obtenir l'emploi de contre-rails ou de rails à gorge, l'entretien de la route devient, du fait du tramway, plus difficile et plus onéreux.

L'entretien courant, le balayage, l'ébouage sont plus difficiles, les rails arrêtent l'écoulement normal des eaux et

favorisent le ravinement au moment des grandes pluies et le ramollissement de la chaussée par ralentissement de l'assèchement en temps de pluies moyennes.

Les rechargements généraux deviennent une opération délicate, qui se fait à peu près toujours mal dans l'entrevoie; en y mettant beaucoup plus de temps et de soins qu'aux autres parties de la chaussée, on obtient un résultat très inférieur.

En temps de neige, la situation devient intolérable; le tramway déblaie sa voie en rejetant la neige sur la route qui se trouve ainsi obstruée, puis quand arrive le dégel, le bourrelet de neige contigu au tramway forme obstacle à l'écoulement de l'eau et la route est transformée en lac.

Dans les pays où l'on emploie le traîneau en hiver, chaque passage de la voie du tramway, déblayé au niveau du rail, forme un obstacle à la circulation.

Enfin, l'établissement d'un tramway sur accotement enlève une ligne d'arbres et supprime un lieu de dépôt pour les matériaux d'entretien et le produit des ébouages et balayages.

La suppression d'une ligne d'arbres est regrettable non seulement au point de vue esthétique et à celui du confort des voyageurs, mais elle prive la route d'un revenu et elle en augmente l'usure en temps de fortes chaleurs.

La présence du tramway sur un accotement a pour conséquence que l'autre accotement est constamment encombré par les matériaux et la zone de circulation des voitures est réduite à la chaussée empierrée seule, les croisements de véhicules et leur dépassement en sont beaucoup plus difficiles.

En résumé, l'établissement d'une voie de tramway sur route ou même sur accotements ne présente que des inconvénients pour la route, aussi bien pour les routes larges que pour celles qui sont étroites, aussi bien en pays plats qu'en pays de montagne.

Si l'on ne considérait que l'intérêt de la route même, l'installation d'un tramway devrait en être proscrite d'une façon absolue et générale.

Avantages et inconvénients pour les riverains.

Les riverains d'une route n'ont guère que des inconvé-

nients à attendre de l'établissement d'une voie ferrée sur cette route.

Si le riverain est propriétaire d'une maison, son accès va devenir plus difficile; il ne pourra plus rien laisser devant son habitation, pas même y faire stationner sa voiture, sans avoir à craindre un accident; il devra exercer une surveillance constante sur ses enfants et sur ses animaux domestiques. L'inconvénient est tellement sensible pour le public que, dans certains cas, les riverains obtiennent, au moment des enquêtes, que l'on reporte la voie sur l'axe de la route, au grand détriment de celle-ci et des usagers de la route.

En rase campagne, il vaut également mieux pour le propriétaire d'un champ que le tramway passe dans son champ que sur l'accotement de la route; la desserte est plus facile, mais ici, à l'inconvénient que peut trouver un propriétaire riverain de la route, de voir son accès à cette route rendu plus difficile par l'établissement de la voie ferrée sur l'accotement, s'oppose l'avantage que sa parcelle reste d'un seul tenant et n'est pas coupée en deux par le chemin de fer.

D'une façon générale, les riverains d'une route n'ont rien à gagner à y voir installer une voie ferrée; il n'y a d'exception à faire que pour les quelques voisins, le plus souvent des cabaretiers, qui deviennent agents ou correspondants de la Compagnie, mais pour un habitant d'un village qui en retirera quelque profit, tous les autres en subiront des inconvénients; et il n'y a rien d'exagéré à dire que les riverains d'une route ont tout avantage à ce qu'elle ne serve pas de plateforme au tramway.

Avantages et inconvénients

pour les usagers du tramway et de la route.

Dans la pratique courante, étant donné l'économie qu'on est forcé de poursuivre dans l'établissement d'un tramway ou d'un chemin de fer d'intérêt local et qui se traduit par des avenues d'accès aux gares assez mal construites et entretenues, et par des installations de station beaucoup trop sommaires, les usagers d'un tramway ont avantage à ce

qu'il soit installé sur la route même. Non seulement, ils ont une excellente voie d'accès tant pour eux-mêmes que pour leurs marchandises, mais, si la station manque de confortable, ils peuvent attendre le train dans une des maisons de l'agglomération même.

Mais le plus souvent, on peut se réserver ces avantages tout en établissant le tramway sur voie spéciale; il suffit que la voie ferrée vienne s'accoler à la route au point où l'on veut créer la station, le constructeur du tramway y trouve l'économie d'une avenue d'accès et dès que l'exploitation commence, on y voit généralement s'établir une auberge qui fournit une salle d'attente agréable aux voyageurs.

Les intérêts des usagers de la route sont tout opposés à ceux des usagers du chemin de fer; la circulation routière ne peut que souffrir de la présence d'une voie ferrée.

On peut dire que les accidents causés par les tramways se produisent presque tous sur les parties établies sur route.

Ceux dus à des chevaux ou à des troupeaux effrayés arrivent journellement; sans même qu'il arrive d'accident, le passage d'un tramway est une cause de gêne sérieuse pour les conducteurs de chevaux dont beaucoup sont obligés de s'arrêter et de descendre de voiture pour tenir leurs animaux à la main.

La traversée du tramway d'un accotement à l'autre, le croisement d'un chemin transversal présentent de véritables dangers aussi bien pour la circulation hippique que surtout pour les automobiles. Ce n'est qu'exceptionnellement que la visibilité de ces points dangereux est suffisamment bonne, le plus souvent on arrive au croisement sans avoir pu se rendre compte du danger ni même de la présence du tramway, dont le mécanicien, de son côté, n'a rien pu voir non plus.

Les traversées des routes et chemins devraient toujours se faire aussi normalement que possible et seulement en des points bien découverts, en terrain nu, ne présentant ni buissons, ni arbres, encore bien moins de maisons, de façon que les deux circulations, sur route et sur fer, puissent s'apercevoir à très grande distance et que l'absence d'accidents soit due, non comme aujourd'hui à une pure chance, mais à la possibilité pour tous de prendre les précautions nécessaires.

Ces conditions peuvent être facilement réalisées en pleine

campagne, mais, au contraire, bien difficilement quand on place la ligne sur accotement.

L'installation sur route en rails noyés présente un inconvénient particulier qui cause de nombreuses avaries aux véhicules; l'ornière qui se produit le long du rail empêche les voitures de se détourner comme elles le désirent et le résultat en est des détériorations de roues quand ce n'est pas des chocs et des tamponnements.

Si au lieu d'être à vapeur, le tramway est électrique, si, surtout, on l'exploite, comme c'est aujourd'hui la tendance, à courants de haut voltage, son installation sur route présentera des inconvénients et des dangers nouveaux qui seront loin d'être négligeables. Le fil de travail, porté à un potentiel de 6 000 à 10 000 volts, dont tout contact, par conséquent, serait mortel, ne peut raisonnablement pas courir tout le long d'une route à quelques mètres au-dessus; il créerait pour les usagers de la route un danger permanent qui est absolument inadmissible.

Disons, enfin, que le piéton est heureux d'avoir des accotements à sa disposition et que l'établissement d'un tramway sur une route lui en enlève complètement un et lui rend l'autre impraticable parce que le service de la route l'encombre de toute sorte de matériaux et nous conclurons que, pour les usagers de la route, charretiers, automobilistes, voyageurs en voiture et à pied, l'installation d'une voie ferrée est un véritable malheur.

On pourrait ajouter que l'installation sur la route même a, pour conséquence, en été, que le passage d'un train y soulève une telle poussière, que riverains et voyageurs en sont fortement incommodés. Certaines routes ont été abandonnées par les touristes pour cette raison.

A quelque point de vue qu'on se place, qu'on envisage l'intérêt de la voie ferrée elle-même, ou celui des routes ou celui des riverains et usagers, tant d'une voie que de l'autre, l'installation d'un tramway ou chemin de fer d'intérêt local sur la chaussée même doit être proscrite sauf en cas de nécessité absolue; l'installation sur accotements accessibles est dans le même cas.

Quant à l'installation sur accotements inaccessibles aux voitures, elle présente, comparativement à l'établissement sur plate-forme spéciale, beaucoup plus d'inconvénients que

d'avantages et elle n'est admissible que dans des cas particuliers et sur justifications détaillées. En particulier, l'avantage d'économie de premier établissement qu'elle semble à priori offrir n'est souvent qu'illusoire et, quand il existe réellement, il convient de rechercher dans quelle proportion il est composé par l'excès de frais d'entretien et d'exploitation qu'il impose, tant pour la route suivie que pour le chemin de fer lui-même.

Influence sur le mode et la dépense d'entretien.

Bien que nous soyons arrivé à la conclusion que l'installation d'une voie ferrée sur route ne soit pas désirable, il n'en sera pas moins nécessaire de recourir à cette solution dans certains cas : c'est ce qui arrive en particulier et d'une façon forcée pour les tramways urbains.

Quelle est la répercussion sur le mode et les dépenses d'entretien de la route?

Un premier type d'installation, celui sur accotement inaccessible aux voitures, est de beaucoup le moins nuisible à la route. Les travaux les plus importants, rechargements et emplois pourront se faire suivant la méthode ordinaire, à condition cependant d'augmenter un peu la gêne tant du service que des voyageurs. En particulier, il sera souvent coûteux et même impossible de réserver un passage libre pendant les rechargements : un des accotements étant occupé par le tramway, l'autre par les matériaux approvisionnés pour le rechargement, on ne pourra laisser un passage libre pour la circulaition qu'à la condition que la route ait une largeur sensiblement plus grande que le double de celle qu'il faut au passage des voitures ou à la zone qu'on peut cylindrer pratiquement en utilisant bien le rouleau. Le plus ordinairement, on n'aura pas la place nécessaire et il y aura une gêne difficile à estimer en argent, mais très réelle.

L'égouttement des eaux et l'asséchement de la chaussée demanderont également des soins spéciaux. Si même l'écoulement des eaux se fait, comme dans beaucoup d'installations, par des tuyaux de poterie placés dans le ballast, tous les soins possibles resteront à peu près sans effet.

Ce système d'écoulement des eaux devrait être absolument proscrit à l'avenir et, sur les lignes où il existe, il devrait être remplacé par le seul qui soit satisfaisant et qui consiste à ne mettre aucun ballast dans l'intervalle de deux traverses, à des distances plus ou moins rapprochées.

Malgré tout, l'assèchement de la route exigera des soins spéciaux pendant toute l'année.

A plus forte raison en sera-t-il ainsi pendant les périodes pluvieuses et, au moment des dégels, les cantonniers n'auront plus le temps de s'occuper d'autre chose.

L'enlèvement de la boue et de la poussière sera également rendu plus difficile du fait que les produits de ces opérations devront être portés entièrement sur l'accotement resté libre.

Certains ingénieurs estiment que, toutes choses égales d'ailleurs, la présence d'un tramway sur accotement augmente le travail du cantonnier d'un quart ou d'un cinquième.

Mais ces inconvénients ne sont rien en comparaison de ceux de l'établissement sur les parties de route accessibles aux voitures; dans ce cas, les méthodes d'entretien habituelles deviennent difficilement applicables et ne produisent pas leurs effets.

Si l'on a affaire à des voies en rails à gorge ou en rails jumelés, les rechargements généraux peuvent à la rigueur se faire, même dans l'intervalle des rails, à condition de prendre des soins tout spéciaux dont les principaux consistent à piquer la chaussée ancienne le long des rails et à faire le répandage de la pierre en à-dos venant effleurer le rail. L'écrasement de la pierre sur les rails n'est que le moindre des inconvénients, le plus grand tient au manque de compression suffisante au voisinage de la voie; il s'y forme une zone peu solide qui se détériore rapidement.

Si, au lieu de rails à gorge, on a affaire à une voie en rails simples, le rechargement entre ceux-ci devient à peu près impossible en raison de l'obligation de laisser une ornière contre chaque rail pour le passage du boudin des roues.

L'entre-rail doit dans ce cas, être entretenu par la méthode de petits emplois et, comme malheureusement, l'habitude des rechargements généraux a beaucoup diminué l'habileté des cantonniers à exécuter ces emplois, on a là une zone presque toujours mauvaise.

Quelle que soit d'ailleurs la nature de la voie, il est bien rare que l'entre-rails et une zone plus ou moins large de chaque côté soient en bon état. Les charretiers cherchent à mettre une de leurs roues sur un rail; cette roue tombe tantôt à droite, tantôt à gauche, creusant une ornière de part et d'autre du rail; pendant ce temps, l'autre roue en creuse une autre parallèle à la voie.

La pluie tombe sur la chaussée, suit ces ornières et les creuse plus profondément, elle en ramollit le fond et l'ébouage contribue encore à les aggraver. Il faut constamment y faire des emplois qu'il est d'autant plus difficile de réussir qu'ils forment des zones étroites que la circulation bouleverse sans interruption.

Le meilleur cantonnier se fatigue vite de recommencer indéfiniment le même travail pour le voir détruire au fur et à mesure de son avancement, et finalement la chaussée reste constamment mauvaise entre les rails et sur quelques décimètres autour d'eux. Les agents du service et la population même finissent par considérer ce mauvais état comme la condition normale d'une route servant au passage d'un tramway.

Malgré tout, l'entretien est devenu beaucoup plus onéreux; il y faut de fréquents emplois partiels et toutes les mains-d'œuvre d'entretien y sont plus difficiles et partant plus coûteuses.

Comme palliatif, on peut employer le goudronnage qui rend de bons services, mais le remède vraiment héroïque est le pavage de l'entre-rails et d'une zone contiguë aux rails; malheureusement le système est trop cher pour qu'on puisse l'adopter d'une façon générale.

Conclusions.

Nous résumons ainsi cet examen des avantages et des inconvénients de l'établissement des voies ferrées sur routes :

1° L'installation d'une voie ferrée sur la chaussée même ou sur accotement accessible aux voitures ne présente que des inconvénients et doit être proscrite toutes les fois qu'on peut faire autrement.

2° L'installation sur accotements non accessibles aux voi-

tures, présente, en général, plus d'inconvénients que d'avantages et est rarement préférable à la création d'une plateforme spéciale.

3o L'établissement d'une voie ferrée sur route entraîne une augmentation sensible des frais d'entretien de celle-ci, est une gêne considérable pour l'exécution des rechargements généraux et se traduit souvent par une infériorité permanente du bon état de la chaussée.

GALLIOT,
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
à Dijon.

65455. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR

R. O. WYNNE ROBERTS
M. Inst. C. E.
F. R. San. Inst.
Westminster-London

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET TRAMWAYS SUR ROUTES

Avantages et inconvénients

Chemins de fer d'intérêt local.

Dans la présente étude, nous interprétons le terme « chemins de fer d'intérêt local » dans le sens de chemins de fer qui, en dehors de la question de largeur de voie et de force motrice, sont construits plus sommairement, avec des installations et un matériel roulant plus simples et avec un capital d'établissement moindre que pour les chemins de fer ordinaires. On établit ordinairement des chemins de fer de ce genre dans les districts ruraux où le trafic est insuffisant pour justifier la construction de chemins de fer ordinaires. On pose souvent la voie dans des terrains acquis en bordure des routes ou dans des terrains vagues situés sur le côté de la chaussée ou, lorsqu'elle est large, au milieu de la chaussée même.

Les chemins de fer d'intérêt local n'intéressent les ingénieurs de la voirie que lorsqu'ils sont établis, en totalité ou en partie, sur les chaussées ou latéralement : aussi les considérations suivantes ne s'appliqueront-elles qu'aux chemins de fer de ce genre. Pour autant que nous le sachions, il n'y a en Angleterre et dans le Pays de Galles que trois chemins de fer appartenant à cette catégorie, à savoir : le Glyn Valley Tramway, le Wisbech and Upwell Tramway et le Wantage Tramway. Ces trois lignes étaient déjà en exploitation avant l'application de la loi sur les chemins de fer d'intérêt local de 1896.

Le Glyn Valley Tramway a environ 9 milles (14 k. 5) de longueur ; l'écartement des rails est de 2 pieds 4 pouces 1/2 (0 m. 7238) et la majeure partie de la voie est située sur le côté

de la route de Glyn à Chirk ; elle n'est pas bordée de haies, mais ne peut servir à la circulation ordinaire.

Le Wisbech and Upwell Tramway a une longueur de 7,8 milles (12 k. 6); sa voie est à écartement de 4 pieds 8 pouces 1/2 (1 m. 435) ; elle est établie sur une longueur de 4 milles 1/4 (6 k. 8) en bordure d'une route, sans haie de séparation. Les voitures et le public n'y peuvent pas circuler.

Le Wantage Tramway est établi, sur une longueur de 2 milles 1/4 (3 k. 620), latéralement à la chaussée ; la voie est à écartement de 4 pieds 8 pouces 1/2 (1 m. 435). Mêmes indications que ci-dessus quant à la haie et à l'utilisation de la voie.

Suivant les comptes rendus qu'a bien voulu me communiquer le secrétaire des commissaires des chemins de fer d'intérêt local, il y avait, à la fin de 1909, 325 milles (525 kilomètres) de « chemins de fer d'intérêt local » dans la Grande-Bretagne, établis en totalité ou en partie sur des voies publiques, et régis par la loi sur les chemins de fer d'intérêt local de 1896 ; mais l'interprétation précédente ne s'applique pas à ces chemins de fer, bien qu'ils aient la dénomination de chemins de fer d'intérêt local, parce qu'ils ont été autorisés en exécution de la loi susvisée.

En Irlande, les chemins de fer d'intérêt local ont été construits sur une bien plus grande échelle, car la loi de 1889 sur les chemins de fer d'intérêt local d'Irlande donne toutes les facilités voulues et le gouvernement prête son concours sous forme d'avance ou de subvention gracieuse, ce qui a permis de doter de chemins de fer de ce genre beaucoup de circonscriptions pauvres ou très retirées. Plus de 300 milles (485 kilomètres) de ces chemins de fer sont établis sur des voies publiques, avec déviations sur des terrains acquis pour éviter les déblais, remblais et ouvrages d'art coûteux.

En Belgique, en fin 1908, il y avait 1 824 k. 838 (1 131 milles 39) de chemins de fer d'intérêt local établis sur des voies publiques, 381 k. 073 (236 milles 26) sur des routes élargies spécialement à cet effet ; en tout, 3 324 k. 426 (2 061 milles) en exploitation. La plus grande partie de ces chemins de fer est à écartement de 1 mètre (3 pieds 3 pouces 3/8) ; 200 kilomètres environ sont à traction électrique, et le reste est à traction à vapeur. Dans les villes, on adopte la disposition la plus convenable, eu égard aux exigences du public. L'assiette, sur les côtés des voies publiques, est légèrement exhaussée par rapport au niveau de la

route, avec une bordure et une rigole de démarcation empêchant les voitures ordinaires d'y circuler. Des saignées sont pratiquées en travers de la voie pour évacuer l'eau d'écoulement de la chaussée. Beaucoup de chaussées sont larges et les déclivités ne sont pas accentuées.

En France, il a été construit un grand nombre de chemins de fer d'intérêt local et quand ils sont établis sur routes, on les appelle tramways. Environ 30 p. 100 des chaussées sur lesquelles on a établi ces chemins de fer d'intérêt local ont été élargies.

En Italie, les chemins de fer d'intérêt local peuvent être établis sur les voies publiques, pourvu qu'une largeur de 5 mètres (16 pieds 4 pouces 3/4) soit réservée pour la circulation des voitures et à condition d'obtenir l'autorisation du service de la voirie. Ces chemins de fer ne doivent entraver en aucune façon la circulation sur la route et, par conséquent, le champignon de roulement doit toujours affleurer le revêtement de la route. Dans certains cas, où la voie est établie sur le côté de la route, on met un mur bas de 9 à 15 pouces (22,9 à 38 cent. 1) ou bien des bornes ; mais les chemins de fer d'intérêt local de Milan, par exemple, occupent par endroits le milieu de la voie publique.

En Allemagne, en Hollande et dans d'autres pays d'Europe, on peut se servir des routes comme assiette des chemins de fer d'intérêt local.

Revêtement. — Les chemins de fer d'intérêt local sur routes de Grande-Bretagne, régis par la loi de 1896, doivent avoir une rangée de pavés de granit ou d'autre roche appropriée de 6 pouces (15 cent. 2) de largeur en moyenne, de chaque côté des rails et, s'ils sont établis sur les terrains vagues qui bordent une route, des dispositions doivent être prises pour assurer l'asséchement de la chaussée.

En Belgique, les chemins de fer d'intérêt local urbains ont une superstructure de pavés de 14 pouces sur 16 (5 cent. 1/2 sur 6 cent. 1/4). La compagnie concessionnaire doit entretenir l'entrevoie, ainsi qu'une bande de 60 centimètres (1 pied 11 pouces 5/8) à l'extérieur de chaque rail. En Grande-Bretagne, la compagnie doit également entretenir l'entrevoie, ainsi qu'une bande de 1 pied 6 pouces (45 cent. 7) de chaque côté des rails.

Tramways. — Dans presque tous les centres très peuplés du Royaume-Uni, des tramways ont été établis sur les voies

publiques, routes et rues. Au 31 mars 1908, il y avait en exploitation 2 286 milles (3 657 k. 6) de tramways et chemins de fer d'intérêt local à traction électrique ; 52 milles (85 kilomètres) à traction à vapeur ; 27 milles 1/2 (44 k. 5) en funiculaire ; 4 milles 1/4 (6 k. 8) avec moteurs à gaz et 94 milles (151 k. 6) à traction de chevaux ; au total, 2 464 milles 1/4 (3 942 k. 8). L'écartement des voies va de 5 pieds 3 pouces (1 m. 60) à 2 pieds 11 pouces 1/2 (0^{m},90); mais la plupart des tramways ont une largeur de 4 pieds 8 pouces 1/2 (1 m. 435).

La fondation des tramways est ordinairement en béton de ciment de Portland, mais, dans certains endroits, les rails ont été posés sur des traverses. A Hull, on a acheté une bande de terrain, qu'on a réservée à un tramway avec rails posés sur traverses. Dans certains cas, le tramway a été établi sur un des accotements de la route, mais, en général, les rails occupent le milieu de la chaussée.

Les joints des rails demandent beaucoup d'attention, et l'on a adopté divers systèmes pour leur donner la rigidité voulue. M. H. T. Wackelam estime des plus satisfaisants les résultats obtenus avec le joint à éclisses boulonnées.

On a pratiqué sur une grande échelle le soudage à la thermite et par d'autres procédés. On constate que les joints à éclisses brevetés Wackelam et Landers sont ceux qui reviennent le moins cher de tous.

A moins d'être coudées, les entretoises causent des ennuis.

Les rails des tramways anglais ont été uniformisés sous le triple rapport du profil, du poids et de la qualité, et les ingénieurs les ont reconnus.

Revêtement.

La question du choix des matériaux dépend des déclivités, de l'intensité de la circulation et de la nature des propriétés riveraines. Les pavés doivent n'être pas glissants, avoir des dimensions et une qualité uniformes. La fondation doit être en béton de ciment de Portland d'au moins 4 pouces (10 cent. 16) d'épaisseur, suivant le poids des charges transportées d'ordinaire. Les pavés doivent être d'un calibre uniforme et bien dressés, sans saillies sur les côtés ou sur le parement ; ils doivent être bien serrés les uns contre les autres, en rangées régulières et droites

et en liaison ; ils doivent être posés sur une mince couche de sable, bien damés et rejointoyés. Si les côtés de la chaussée ne sont pas pavés, il est difficile de maintenir l'égalité de niveau entre les pavés et le macadam.

Le rejointoiement est diversement exécuté, suivant les villes ; certains ingénieurs emploient des mélanges bitumineux ; d'autres un liant de ciment et de sable de l'épaisseur d'une crème.

On emploie beaucoup également le pavage de bois pour le raccordement avec les rails de tramways. Le bois dur, comme celui de Jarrah, n'est pas créosoté ni autrement préparé, mais on l'a laissé bien sécher ; le bois tendre est injecté de créosote sous pression : chaque pied cube doit absorber environ 10 livres d'huile de créosote (0 k. 162 par décimètre cube).

La question de la hauteur nécessaire des pavés de bois est un peu une question d'opinion personnelle ; néanmoins, on tend à adopter une queue de 4 pouces (10 cent. 16). Généralement, on pose directement les pavés sur le béton bien uni et bien mis au profil. Dans certains cas, on les serre le plus possible les uns contre les autres et, dans d'autres, on laisse des joints de 1/8 de pouce (0 cent. 317). Certains ingénieurs ont adopté le rejointoiement avec un liant bitumineux, d'autres plongent les pavés, jusqu'aux 2/3 de leur queue, dans un mélange de goudron et d'asphalte et remplissent le haut des joints avec un mélange de ciment et de sable. On ménage des joints de dilatation de chaque côté de la route, et parfois dans l'entrevoie.

On ne considère pas comme prudent de paver les pentes en bois, lorsque la déclivité dépasse 1/20 ; toutefois, il y a des exemples de pavages de bois sur des côtes plus raides.

On a fait des essais de pavés de bois à lamelles dans un certain nombre de rues très animées de Londres, et l'on s'en est bien trouvé. Le principal avantage de ces pavés tient à la facilité de faire sécher plus rapidement les minces planchettes dont ils sont constitués ; la contraction se répartit mieux aussi et, par suite, ces pavés sont moins sujets à cheminer sous l'effet de la circulation ; de plus, la surface d'usure est unie et durable. Les pavés de ce genre qu'on pose maintenant n'ont que 3 pouces (7 cent. 6) de queue. Les pavés de bois à lamelles damés ont été employés par les municipalités des faubourgs et par le Conseil de Comté de Londres. Les pavés de bois à lamelles Millar ont

été posés à East-Ham. Les résultats de ces essais ont été satisfaisants.

Lorsque des voies de tramways sont établies sur les routes ou dans des rues, la circulation des voitures se concentre sur les voies de tramway et occasionne des frayés dans les pavages latéraux. On a imaginé de nombreux dispositifs pour remédier à cette usure excessive. Les protecteurs de voies de tramway système breveté Baxters, ont été mis à l'essai par le Conseil de Comté de Londres et par d'autres services, sur des rues à circulation très intense : les pavages de bois et de pierre ont été préservés.

Avantages et inconvénients des chemins de fer d'intérêt local et des tramways sur routes.

Les chaussées des routes de Grande-Bretagne subissent de graves détériorations du fait des tracteurs avec remorque, des camions automobiles et des automobiles à grandes vitesses ; l'étude d'autres moyens de transport économiques réduisant au minimum les causes de dégradation sans présenter d'inconvénients plus graves sous d'autres rapports pour les voies publiques, mérite donc que les services de voirie et leurs ingénieurs s'y attachent.

Pour autant que nous le sachions, les chemins de fer d'intérêt local établis sur des terrains vagues en bordure de chaussées très larges, n'ont pas causé de désagréments notables au public ; d'autre part, comme ils attirent sur leurs rails une partie du trafic routier, ils contribuent sans aucun doute à diminuer les inconvénients et les dangers que présentent, en général, à un haut degré les grandes routes. Grâce à leur grande souplesse, les chemins de fer d'intérêt local peuvent, la plupart du temps, se prêter aux sinuosités des routes ; partout où l'on veut éviter les fortes déclivités et les ouvrages d'art onéreux, il est facile de s'écarter de la route et de faire des détours.

En Belgique, on trouve que les chemins de fer d'intérêt local constituent un moyen de communication rapide, économique et satisfaisant à tous égards entre le producteur et le consommateur, entre l'artisan et l'endroit où il travaille, et quand le chemin de fer est établi sur les voies publiques, il procure

de nombreux et commodes points d'accès facilitant le transport des voyageurs et des marchandises.

D'après tous les rapports et les recherches approfondies de M. Seebohm Rowntree, ces lignes permettent le développement des richesses agricoles, minérales et industrielles des régions desservies ; elles contribuent aussi à favoriser l'établissement de nouvelles industries et le transfèrement des usines des cités trop encombrées dans la campagne : de la sorte, les ouvriers de l'endroit trouvent des occupations plus nombreuses et plus constantes, la valeur des propriétés augmente d'une façon générale, et il en résulte pour tous un regain de prospérité.

Ces lignes sont commodes pour permettre le transport des matériaux de la route à un prix inférieur à celui d'un long camionnage ; on diminue ainsi la circulation lourde qui endommage la route et on réalise des économies sur les frais d'entretien des routes.

On peut considérer les chemins de fer d'intérêt local comme des engins bruyants et propres à effrayer les chevaux et autres animaux suivant les routes ; mais ces derniers ne tardent pas à s'y habituer ; d'ailleurs, on rencontre si souvent des automobiles sur les voies publiques qu'il n'y a pas lieu d'avoir des craintes sérieuses quand il vient s'y ajouter des chemins de fer de ce genre avec moteur à pétrole ou à traction électrique. Le trouble causé par les trains, les tramways, etc., sur la voie publique, est généralement éphémère.

Quand les rails sont établis au milieu de la route, suivant que les trains se succèdent à intervalles plus ou moins rapprochés, les voitures se trouvent plus ou moins empêchées de circuler sur la meilleure partie de la chaussée, c'est-à-dire le sommet, et de passer d'un côté à l'autre. D'autre part, quand les tramways sont assez espacés, les voitures ont tendance à emprunter les rails et à creuser des ornières dans la partie voisine du pavage. Enfin, les réfections de la voie, les réparations du pavage et toutes les opérations concernant les chemins de fer et tramways, sont de nature à gêner plus ou moins la circulation ordinaire sur les routes, suivant qu'elle est plus ou moins intense.

R. O. Wynne ROBERTS.

(Trad. Blaevoet.)

66089. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[e] CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR
STEFAN VON SZTRÓKAY
Ingénieur en chef des Tramways électriques
de la ville de Budapest

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTE

Avantages et Inconvénients
Influence sur le mode et les dépenses d'entretien

A) Etablissement de chemins de fer d'intérêt local et de tramways sur routes. — En Hongrie, les chemins de fer d'intérêt local en dehors des grandes villes ont été établis jusqu'à présent, sauf quelques rares exceptions, non pas sur les routes elles-mêmes, mais sur des plates-formes indépendantes. La raison principale en est que nous n'avons encore pas de loi — bien qu'un projet soit déposé en ce sens — qui permette d'occuper le sol d'une rue, sans le consentement des propriétaires, pour y poser des voies, à moins d'expropriation. En conséquence, comme ces propriétaires s'opposent naturellement à ce qu'un tiers y construise une voie ferrée, on ne trouve de tramways que dans les rues non bâties des grandes villes ; ces rues d'ailleurs perdent bientôt ce caractère et se trouvent aujourd'hui pour demain bordées de rangées de maisons. Même dans ces voies, dès qu'elles ont une largeur suffisante, on établit pour les rails une plate-forme spéciale sur le sol même de la rue. Cette plate-forme n'est point pavée, mais seulement empierrée jusqu'au niveau du dessus des traverses ; on ne met de macadam ou de pavage qu'aux passages à niveau et aux portes monumentales, et on sépare la voie du corps de la chaussée par des garde-roues et parfois par des barrières ou des fossés.

Si nous ne considérons cet état de choses qu'au point de vue de la route, il nous apparaît comme satisfaisant et même comme avantageux, et l'on s'est efforcé, tout récemment même, à l'inté-

rieur des grandes villes, de créer pour les voies de tramways une plate-forme indépendante, non pavée ou même gazonnée. Mais il est clair que cette situation particulière rend impossible la construction de beaucoup de chemins de fer d'intérêt local qui pourraient, à l'occasion, rendre d'importants services pour les transports, et ce en raison des dispositions locales ou de difficultés financières.

Les particularités de la construction des chemins de fer d'intérêt local qui ont leur plate-forme indépendante ne nous intéressent pas ici. Nous devons, au contraire, nous occuper des divers types de voies qui sont établies dans les rues non bâties susmentionnées, car bien qu'elles ne se trouvent pas à proprement parler *en dehors des grandes villes*, leur construction reste la même ; par suite, nous allons laisser de côté les vraies lignes urbaines qui sont encastrées dans des pavages de luxe, comme la céramite, le bois ou l'asphalte.

Quand la voie est encastrée dans un pavage, on ne peut entretenir le pavage en bon état que si la voie elle-même y est. Mais pour rendre possible un entretien impeccable, il faut choisir pour un tramway un tout autre type de superstructure qu'on ne le fait avec une plate-forme indépendante. Il convient donc d'étudier d'un peu plus près la question de la superstructure des tramways au point de vue de la route.

En raison des nécessités particulières à la route, une superstructure de tramways doit posséder les quatre propriétés caractéristiques suivantes : *a*) l'ornière des boudins de roue doit gêner le moins possible la circulation ; *b*) il faut choisir un type de rails qui permette l'établissement, non seulement du macadam, mais aussi du pavage en pavés ordinaires et en pavés cubiques ; *c*) les rails doivent reposer sur une bonne fondation, pour prévenir les affaissements de la voie ; *d*) les rails doivent être pourvus d'éclissages plus solides et plus puissants que ceux qu'on emploie ordinairement pour les voies sur plate-forme indépendante.

Examinons maintenant les tramways hongrois à ces quatre points de vue.

a) *Ornière des boudins de roues.* — En Hongrie, on emploie la plupart du temps, pour les tramways, le rail à gorge fermée. Le rail employé en Amérique, et dont le nez est constitué de telle façon qu'au lieu d'une gorge il n'y a qu'un rebord et que, par suite, le pavage de l'entre-voie se trouve encaissé, n'est guère

employé chez nous. Par contre, on trouve par endroits, dans des rues à circulation restreinte et macadamisées, le rail Vignole ordinaire avec lequel l'ornière n'est formée, à proprement parler, que par un sillon longitudinal dans le revêtement, sans qu'il n'y ait rien pour la limiter vers l'intérieur. Dans ce dispositif, on établit complètement le macadam sans se préoccuper particulièrement de la voie, et l'on creuse l'ornière au pic après coup. Mais, comme il est dit plus haut, ce type ne convient que pour les rues de second ordre où il est, pour ainsi dire, exceptionnel qu'une voiture passe sur la voie, et même, dans ce cas, aux carrefours et aux portes où la circulation est intense, on met des contre-rails et du pavé. Toutefois, comme nous le verrons, cet établissement de contre-rails n'a de raison d'être qu'exceptionnellement et pour des tronçons très courts.

La largeur ordinaire de l'ornière des boudins est de 30 à 45 millimètres, bien qu'il y ait des bandages plus étroits. Récemment, les ateliers Phenix, dans la Prusse Rhénane, ont aussi fabriqué pour nous des rails à gorge, dont la gorge a 60 millimètres de largeur même dans les alignements, et ce en raison des courbes.

Toutefois, il est rare que les roues se rompent dans les gorges par suite des conditions de la circulation indiquées ci-dessus.

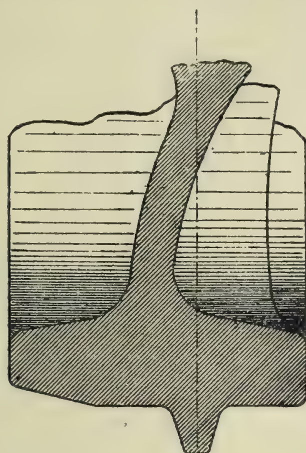
b) Possibilité d'un pavage couvrant. — On peut très simplement, avec le système des traverses, établir la superstructure du tramway en posant à côté du rail porteur un autre rail dit contre-rail, sur toute la longueur de la voie, de manière à former une gorge et, en même temps, à épauler latéralement le pavage adjacent. Mais, dans ce dispositif, outre que l'ornière est ouverte par le bas et par suite dangereuse pour les voitures, on a encore d'autres difficultés à surmonter. En effet, les rails de chemins de fer d'intérêt local sont pour la plupart beaucoup moins hauts que les pavés ; c'est ainsi, par exemple, que le rail Vignole, qui est le plus usité chez nous et qui offre une charge utile suffisante, n'a que 107^{mm}5 de hauteur, tandis que les pavés cubiques ont une hauteur normale de 180 millimètres ; les pavés de trois quarts qui ont 130 à 140 millimètres ne sont même pas aussi courts que le rail. Par suite, on ne peut poser ces pavés au-dessus des traverses, et il ne conviendrait pas d'employer des pavés très courts de 100 millimètres environ, car on compromettrait par là l'uniformité du pavage.

Il faut donc — ou bien paver toute la surface avec ces pavés courts (il conviendrait alors de prendre pour pavés des cailloux des champs de la grosseur du poing), et mettre entre les traverses un lit de béton d'épaisseur voulue, — ou bien adapter des coussinets aux traverses et y fixer, au moyen de cette pièce intermédiaire, les deux rails vissés l'un à l'autre, à savoir le rail porteur et le contre-rail. De ce fait, les traverses se trouvent enfoncées et il y a une place suffisante pour le pavé. Les deux procédés, le dernier surtout, ne sont ni avantageux, ni économiques. Et, en effet, les traverses ne sont pas faites pour le pavage, car les trépidations, même minimes, déchaussent toujours le pavé placé au-dessus ; de plus, les nombreux écrous qui serrent l'une contre l'autre les diverses pièces constitutives de la voie ferrée se relâchent facilement. D'un autre côté, il ne faut pas employer de traverses en bois pour les tramways, d'une part parce qu'on ne peut vérifier l'état des pieds cachés sous le pavage, d'autre part parce qu'elles pourrissent trop vite et obligent par suite à enlever souvent le pavage, bien qu'en Amérique même les rails-longrines, qui sont hauts, reposent sur des poutres de bois, et qu'on ne vienne de leur donner des supports en fer que tout récemment.

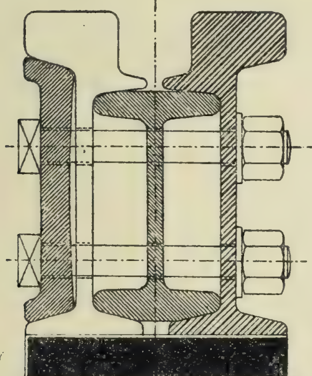
Enfin, en ce qui concerne le prix de revient, il est clair qu'avec une superstructure comportant rails-porteurs, contre-rails, traverses et coussinets, ce ne sont pas seulement les frais de premier établissement, mais aussi les frais d'entretien qui sont supérieurs à ceux qu'occasionnent des rails-longrines construits spécialement pour tramways.

Ce *rail-longrine* est donc le seul qui convienne pour les tramways, et c'est bien aussi celui que l'on emploie dans la plupart des cas, en Hongrie comme partout ailleurs, à l'exclusion du rail Vignole, plutôt rare. L'on peut y trouver également les divers rails-longrines en une seule ou plusieurs pièces, qu'on rencontre dans les autres pays. Mais le rail à gorge, qui est aujourd'hui le plus courant, n'est pas adopté chez nous sur une aussi vaste échelle qu'en Allemagne. Il faut, à mon avis, s'en féliciter, car, bien qu'au premier abord ce rail à large patin, à grande âme, dérivé du rail Vignole, avec une gorge ménagée au laminage, paraisse solutionner très avantageusement la difficulté, il présente plusieurs inconvénients très désagréables. Citons parmi ceux-ci la largeur constante de l'ornière, qu'on ne peut augmenter dans les courbes ; aussi est-on amené à en adopter une plus grande

qu'il ne paraît strictement nécessaire, même dans les alignements, ce qui gêne la circulation des voitures. De plus, une fois que le talon s'est émoussé dans les courbes, tout le rail pesant devient inutilisable. Ensuite, on ne peut adapter à ces



Roue à double surface de roulement. (La surface extérieure est plus large pour permettre aussi la circulation sur rails Vignole).



Rail à gorge en deux pièces. (Au joint, il n'y a que la partie non hachurée qui forme solution de continuité).



rails l'éclissage voulu, dans lequel le moment de résistance des éclisses est aussi grand que celui des rails. Enfin l'usure ondulatoire ne se produit qu'avec les rails à gorge la plupart du temps. Nous constatons que pour faire disparaître ces défauts du rail

à gorge, on a tiré parti des inventions les plus diverses, pour la plupart très dispendieuses. Notons, par exemple, le soudage des extrémités de rails, des rails spéciaux à nez en acier dur au manganèse, que, dans beaucoup d'exploitations, on adapte par vissage aux rails après rabotage du rebord, et cela même sur des rails neufs, par conséquent, au moment de l'établissement de la voie. Au lieu de tous ces correctifs très coûteux, il serait, à mon avis, bien plus rationnel d'abandonner ce type de rails.

c) *Assiette de la voie.* — Les traverses portent sur une assez grande largeur pour qu'on puisse, sans précautions particulières, par simple bourrage, reporter la charge sur la fondation, dans les limites de la charge utile. Mais le rail-longrine, qui, comme je l'ai dit, est le seul convenable pour les tramways, ne peut être obtenu par suite des difficultés techniques de laminage, avec une largeur de patin suffisante pour qu'on n'ait pas à craindre d'affaissements dans la partie de l'infrastructure qui se trouve en dessous des rails et ce, par suite de la charge même, si l'on ne fait pas d'installations spéciales. En dehors des villes, les affaissements n'ont pas d'aussi graves conséquences qu'à l'intérieur des villes et surtout avec des revêtements de luxe, la réparation de la superstructure y coûtant moins et causant moins de gêne à la circulation. Cependant, c'est particulièrement avec le macadam que cet inconvénient peut se produire sous l'influence du pire ennemi des voies ferrées, à savoir l'eau de pluie. Le macadam n'adhère pas parfaitement aux rails et n'est pas assez compact pour que toute l'eau s'écoule à la surface ; par suite, elle s'introduit dans l'infrastructure et détruit le ballastage de la voie, surtout si la gelée se met de la partie. Il faut donc au moins un bon et solide blocage sous les rails-longrines. Mais, ainsi qu'il ressort des développements précédents, il vaut beaucoup mieux établir un bloc de béton de largeur voulue. Le rail ne doit d'ailleurs pas poser directement sur ce bloc, car, par suite des vibrations, légères, sans doute, mais inévitables, ils ne tarderaient pas à creuser le béton, à la faveur de l'humidité. Pour donner une assise plus parfaite aux rails, il faut intercaler un lit d'asphalte entre le patin et le béton. Une couche d'asphalte d'épaisseur convenable n'est pas trop cassante, et elle est, d'autre part, assez dure pour supporter sans déformation la pression transmise par les rails ; elle empêche en même temps la pénétration de l'humidité.

Comme il est dit plus haut, en Hongrie, il n'y a de tramways

en dehors des grandes villes que sur les routes non bâties, et ces routes, tant qu'elles ne sont pas bordées de rangées de maisons, gardent une importance secondaire et un caractère provisoire, à quelques exceptions près. Aussi, bien qu'à l'intérieur des villes et surtout dans les revêtements de luxe, les rails reposent chez nous sur la fondation décrite ci-dessus, la meilleure jusqu'ici, on ne rencontre que rarement en dehors des grandes villes les blocs de béton et le lit intermédiaire d'asphalte. Le béton armé n'a pas encore été employé à cet effet.

d) Eclissage. — L'éclissage est la difficulté la plus épineuse dans toute superstructure de voie ferrée. Mais, tandis qu'avec une plate-forme indépendante et par suite non pavée, on peut retirer tous les jours les boulons d'éclisse pour les vérifier, il n'est pas possible de le faire aussi fréquemment dans les voies de tramways, car non seulement l'enlèvement et le replacement des pavés est une opération coûteuse, mais on ne peut l'entreprendre qu'en cas d'extrême urgence et sur la longueur nécessaire, pour ne pas entraver la circulation sur la route. C'est pourquoi il est tout à fait impossible d'obtenir de bons résultats sur les tramways, avec un éclissage qui convient parfaitement à une voie sur plate-forme indépendante. Il faut donc choisir, avec le plus grand soin, pour les tramways, un type de voie où la question de l'éclissage a été résolue au moyen des derniers perfectionnements, car autrement, ce n'est pas seulement la voie, mais aussi la route qu'on ne pourrait jamais maintenir en bon état, étant donné que les défectuosités du revêtement proviennent la plupart du temps du mauvais éclissage des joints de rails.

Pendant que la plupart des administrations de tramways s'occupent continuellement de la question de l'éclissage et qu'elles ont à vaincre les plus grandes difficultés dans la recherche de bons modèles et dans l'entretien des mauvais, on a adopté à Budapest et dans les environs, sur une vaste échelle, un mode de superstructure qui est très avantageux au point de vue de l'éclissage, mais qu'on ne rencontre que rarement ailleurs, ou bien, si l'on y trouve aussi ce système, il n'est pas appliqué comme il faut. C'est la superstructure Haarmann, en deux pièces, où la file de rails jumelés diffère du dispositif courant dans les autres pays, se compose non plus d'un rail porteur et d'un contre-rail plus faible, mais bien de deux rails porteurs absolument identiques, sur lesquels passent les bandages à boudin central ; par suite, *les deux rails porteurs supportent la charge.* Cette dis-

position du boudin est un point extrêmement important, car elle permet seule l'adoption d'un bon système d'éclissage et l'utilisation économique de la superstructure. Les joints de chacun des deux rails porteurs boulonnés pour former le rail jumelé sont en effet réciproquement reportés sur la moitié de la longueur de l'autre rail ; par suite, à chaque joint, il n'y a que la moitié de la coupe transversale qui offre une solution de continuité, l'autre moitié restant entière et servant à supporter la charge, puisque, précisément, les roues ont deux surfaces de roulement. Par suite de cette disposition, il est facile d'adapter à ce type de rails un éclissage dont le moment de résistance est supérieur de 10 à 15 p. 100 à celui des rails jumelés, et qui résiste extraordinairement bien aux effets dynamiques (voir la figure). A ma connaissance, on n'emploie ces roues à deux surfaces de roulement qu'à Budapest. Dans d'autres exploitations où l'on se sert des rails jumelés, comme les rails Marsillon adoptés en France, et qui présentent une disposition semblable à celle du rail Haarmann de Budapest, on y fait circuler des roues à une seule surface de roulement, ce qui fait complètement disparaître les avantages ci-dessus décrits de cette superstructure, et ne procure même aucune économie, puisqu'il suffirait naturellement d'un contre-rail moins fort pour constituer l'ornière.

B) Avantages et inconvénients. — On ne peut, à proprement parler, considérer une voie ferrée comme appartenant à un chemin de fer d'intérêt local que si elle est établie sur la route ou tout à côté, car il n'y a que dans ce cas qu'elle peut desservir des intérêts réellement locaux. La question à traiter ne peut donc être que celle de savoir quels sont les avantages et inconvénients d'un tramway établi sur la chaussée même d'une route, par rapport à un chemin de fer d'intérêt local empruntant le sol de la route ou des terrains situés latéralement, mais *avec plate-forme indépendante.*

En dehors des villes, ces deux voies se trouvent réciproquement dans les mêmes rapports qu'un tramway et une voie aérienne ou souterraine à l'intérieur des villes : tandis que le premier, avec ses arrêts très nombreux, dessert le trafic local de la façon la plus directe, les deux derniers sont destinés à un trafic plus rapide, mais déjà à grande distance, pour ainsi dire. Ce sont donc, en réalité, les circonstances de lieu et les exigences du public qui, dans chaque cas, décident sur la question de savoir s'il y aurait avantage à établir un tramway réservé

au trafic local, ou bien un chemin de fer d'intérêt local qui répondrait au trafic interurbain. Il se peut aussi qu'il soit nécessaire d'établir à la fois sur une seule et même route les deux sortes de voies de communication.

Au reste, il faut considérer comme un avantage présenté par le tramway sur le chemin de fer à intérêt local à plate-forme indépendante, ce fait que les voies du tramway restent accessibles à la circulation des voitures tant qu'elles ne sont pas occupées par un tramway, tandis qu'une plate-forme indépendante n'est jamais acessible aux voitures ordinaires et doit, par suite, être considérée comme une perte sèche pour la circulation routière. Pour les mêmes causes, les maisons et les biens-fonds sont bien plus facilement accessibles lorsqu'il n'y a sur la route que des voies de tramways, que lorsqu'une plate-forme indépendante s'oppose à la traversée, sauf aux passages à niveau.

De plus, les véhicules lourds comme les omnibus et les automobiles à largeur de voie suffisante peuvent emprunter constamment les voies du tramway, où la résistance à la traction est moindre que sur la chaussée ; toutefois, on n'en a guère d'exemples en raison des circonstances d'ordre général.

Enfin, il y a lieu de mentionner les avantages économiques du tramway, en faisant bien remarquer qu'il faut entendre par là, non seulement la modicité du prix, mais la facilité donnée de créer de nouvelles voies de communication. Il est clair, en effet, que très souvent les prix élevés qu'on serait obligé de mettre pour l'acquisition des terrains nécessaires à la plate-forme indépendante font échouer les combinaisons financières en vue de l'établissement du chemin de fer d'intérêt local, alors que si la voie peut être établie comme tramway sur la route même sans qu'on ait de terrains à acheter, les difficultés pécuniaires disparaissent.

Toutefois, nous estimons qu'en comparaison des inconvénients qu'on rencontre en se plaçant au point de vue de la *route*, ces avantages n'ont que peu de poids dans la balance, et que dès lors, à ce point de vue, il ne faut, somme toute, considérer le tramway que comme un *mal nécessaire*.

Nous allons énumérer brièvement ces inconvénients :

Le premier inconvénient apparaît dès son établissement, lorsqu'il faut arracher le revêtement et même la fondation sur une assez grande profondeur et occuper une grande partie de la route avec les divers matériaux retirés de la tranchée. Le même

fait se reproduit par la suite assez souvent au cours des travaux d'entretien, et les réparations de la voie causent toujours plus de désagrément que les travaux d'entretien des rues, car tandis que ces derniers s'exécutent pour la plupart à la surface, il faut au contraire toujours creuser à une certaine profondeur pour réparer la voie.

De plus, le macadam adopté pour la plupart des grandes routes ne se prête pas du tout à la pose de voies. En effet, comme les roues des véhicules ne passent pas sans cahot des rails durs sur le macadam moins dur, il ne tarde pas à se produire des flaches dans le macadam à côté des rails, si la circulation est assez intense. Aussi, sur les routes macadamisées, pose-t-on un pavage dans l'entre-voie de certains endroits, comme les passages à niveau, les portes des villes, les changements et intersections de voie, etc. Mais on ne fait par là que déplacer la zone en péril et la faire passer du rail à la lisière du pavage, où se reproduisent les flaches. Par conséquent, l'uniformité du corps de la chaussée se trouve forcément souffrir de la présence de la voie ferrée, et, si l'on veut donner plus de solidité à l'ensemble, il faut employer pour tout le revêtement, y compris l'entre-voie, de meilleurs matériaux, par exemple, des pavés cubiques, ce qui ne va pas sans un considérable surcroît de frais. De plus, l'ornière des boudins de roue, par la façon dont il faut la former, est aussi une gêne inéluctable pour les voitures. Enfin, un tramway assujetti à se mouvoir sur les rails n'a pas sa liberté d'allure et entrave plus la circulation sur la route que, par exemple, un train électrique sans rails, comme on en a récemment inauguré, ou un omnibus soit à traction animale, soit automobile, bien que l'exploitation d'un tramway revienne en général beaucoup moins cher que celle des autres moyens de locomotion mentionnés.

C) *Influence sur le mode et les frais d'entretien.* — Jusqu'ici, j'avais employé les expressions de « chemin de fer d'intérêt local » et de « tramway » dans leur acception technique pure, la première, d'une façon générale pour désigner une ligne qui n'est pas une grande ligne, la seconde pour distinguer les lignes locales qui sont encastrées dans le corps même de la route. Au sens juridique et économique, il y a, en Hongrie, deux sortes de lignes d'intérêt local pour les transports en commun, à savoir : les chemins de fer vicinaux et les « tramways ». Il ne faut donc pas, sous ce rapport, prendre le mot « tramway » dans son sens technique.

Les « chemins de fer vicinaux » sont concédés pour 90 ans au plus et, à l'expiration de cette période, ils font gratuitement retour à l'Etat. Les tramways sont concédés pour 50 ans au plus, et à l'expiration de ce délai, ils font gratuitement retour soit à un *municipe*, soit la plupart du temps à une ville. La collectivité qui jouit de ce droit de retour a, sous certaines conditions, le droit de rachat avant l'expiration de la concession.

En raison de ces dispositions juridiques, aucune municipalité n'a encore jugé à propos d'établir un tramway sur son propre territoire administratif, et le cas de retour ne s'est encore jamais vu. Par conséquent, en Hongrie, la route et le tramway appartiennent généralement à deux personnalités distinctes qui veillent chacune, naturellement dans leur propre domaine, à l'entretien de leur propriété ; on ne trouve que rarement des conventions en vertu desquelles le pavage de l'entre-voie est entretenu par le propriétaire de la route pour le compte de la compagnie de tramways. Il y a donc chez nous deux genres de répartition des travaux d'entretien :

a) La superstructure et le revêtement de l'entre-voie et d'une bande extérieure aux rails, large de 50 centimètres, sont entretenus par la compagnie de tramways, et le reste par le propriétaire de la route.

b) La compagnie de tramways n'entretient que la voie ferrée elle-même, et le propriétaire de la route entretient l'ensemble du revêtement.

Il va de soi que, s'éloignant de ces deux systèmes, la seule répartition rationnelle et économique consisterait à faire exécuter par une seule et même collectivité l'ensemble des travaux à accomplir sur la route ; ce serait, en effet, l'unique moyen d'assurer leur uniformité. Avec le macadam, tout particulièrement, il est presque impossible d'entretenir ces bandes de 50 centimètres que nous avons mentionnées, en dehors du reste de la chaussée. Toutefois, on peut prévoir que l'unification des systèmes ne se fera que le jour où il se produira un rachat ou un retour, et jusqu'alors on manquera complètement de données qui permettent de déduire l'influence d'un tramway sur les frais d'entretien d'une route.

Pour les revêtements entre les rails et à côté des rails, on paie à beaucoup d'entrepreneurs un prix à l'unité de mesure plus élevé de 15 à 20 p. 100 que le prix courant. En tenant compte de ce fait, ainsi que de la largeur variable de la route

et du nombre des voies ferrées, on peut apprécier, dans chaque cas, la proportion dans laquelle les voies augmentent les frais d'entretien de la route.

Pour conclure, bien que ce soit en dehors de la question, je donne la longueur exploitée de l'ensemble des chemins de fer d'intérêt local hongrois : lignes vicinales, 10 522 kilomètres, tramways 303 kilomètres, total 10 825 kilomètres, dont 239 constituent les tramways qui desservent le trafic local et suburbain de la capitale royale, Budapest.

Budapest, Novembre 1909.

STÉFAN VON SZTRÓKAY,

(Trad. BLAEVOET.)

6509. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR

GINO TOLLER
Ingénieur, Secrétaire de la "Commissione Strade"
du Touring-Club Italien

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS
SUR LES ROUTES ORDINAIRES
EN ITALIE

Les conditions économiques et topographiques de l'Italie sont telles que le grand développement des voies ferrées sur les routes ordinaires a entraîné un surcroît des dépenses d'entretien des routes elles-mêmes, et en outre de sérieuses difficultés pour la circulation.

Les premiers tramways ont surgi dans l'Italie septentrionale à la faveur de capitaux étrangers, là où le réveil industriel et économique faisait sentir la nécessité urgente de moyens de communication plus rapide que ceux employés antérieurement.

Les voies ferrées sur routes spéciales auraient demandé l'emploi de capitaux trop importants et un temps trop long pour leur construction.

Des dispositions de loi réglèrent les concessions des tramways et établirent les rapports qui devaient exister entre eux et les routes ordinaires.

Ainsi l'article 16 de la loi du 9 juillet N. 413 stipule, que les propriétaires de la route ordinaire sur laquelle l'Etat concède l'autorisation d'établir un chemin de fer, ou une voie ferrée, ne peuvent pas s'opposer à l'imposition de cette servitude passive, mais qu'ils ont droit au remboursement de l'augmentation éventuelle de dépenses pouvant être occasionnée par l'exploitation de la voie concédée.

Et la loi du 30 juin 1906 N. 272 dispose (art. 2°) que les chemins de fer secondaires peuvent aussi être établis sur

des routes ordinaires publiques à la condition de laisser une zone suffisante pour le charroi et en tous cas jamais inférieure à 4 mètres du point maximun de la saillie du matériel roulant. Cette zone peut, dans le cas d'obstacles spéciaux, comme ponts, courtes traverses de lieux habités et autres cas semblables, avoir une largeur moindre que les limites ci-dessus indiquées, pourvu que l'on respecte les précautions prescrites par le règlement, à l'article 8 reproduit ci-après :

Art. 8. — « Dans le règlement, sera déterminé ce qui est relatif à l'éclairage de la route et au matériel roulant. Dans ledit règlement sera aussi définie la distance minimum nécessaire depuis la saillie maximum du matériel roulant jusqu'aux obstacles fixes qui peuvent exister le long de la route ».

Comme on le voit, on enlève aux communes et aux provinces la possession d'une zone assez importante des routes qu'elles ont construites avec des largeurs déterminées d'après l'intensité d'un trafic qui a grandi peu à peu et qui exige un espace toujours plus grand pour se développer régulièrement.

La loi de 1905 déjà citée, considère le dommage que les propriétaires des routes subissent ainsi comme une simple servitude de passage, tandis qu'en réalité il s'agit d'une occupation effective par les tramways puisque, avec les systèmes en usage l'espace qu'ils occupent est rendu absolument impraticable aux véhicules ordinaires.

Si l'on considère que la voie peut être réduite à 4 mètres et même moins, il devient évident que par une telle disposition la circulation est extrêmement difficile.

L'article 16 de la loi citée établit que les propriétaires des voies ont droit au remboursement des dépenses éventuelles d'entretien, mais, en pratique, cette disposition reste à peu près inutile, car les concessionnaires des chemins de fer reconnaissent difficilement ces dépenses qui, d'ailleurs, ne peuvent que difficilement être évaluées d'une manière rigoureuse. Certaines administrations ont confié l'entretien de la route ordinaire à la Société concessionnaire du chemin de fer établi sur ladite route, mais ce au prix de résultats désastreux quant à la viabilité. On ne pouvait guère espérer obtenir un entretien rationnel de Sociétés spéculantes telles que sont toujours les Sociétés de chemins de fer économiques.

Les chemins de fer économiques et les tramways favorisés par les lois déjà citées se sont multipliés dans toutes les régions

de l'Italie, y apportant d'immédiats et notables avantages pour le développement des industries et du commerce. Et ces avantages furent d'autant plus appréciés que la plupart des tramways furent établis précisément dans cette période de transition où la route ordinaire paraissait avoir perdu toute importance comme voie de grande communication, puisque les chemins de fer locaux avaient précisément ce but. On ne comprit pas et on n'apprécia pas les dommages que subissait une route ordinaire à laquelle était enlevé un tiers et même une moitié de la surface carrossable.

En Italie, il y a 4 028 kilomètres de tramways, dont 3 576 km. 800 avec rails Vignole, et 450 km. 920 avec rails Phoënix et Harturick. Il y a 351 lignes en exploitation et ce nombre augmente annuellement de 10 p. 100. La plus grande partie des tramways italiens, 61 p. 100, empruntent des routes provinciales, 25 p. 100, des routes communales et 9,50 p. 100. des voies spéciales. Quant au système de traction, environ 81 p. 100 sont à traction à vapeur, et 19 p. 100 à traction électrique, mais presque toutes les lignes nouvelles sont à traction électrique.

Les tramways et chemins de fer économiques sur route ordinaire, sont placés sur l'un des côtés et occupent un des accotements réservés aux piétons et une partie de la voie carrossable.

Par les chiffres ci-dessus, on voit combien, en général, l'emploi des rails Vignole, ne permet pas de combler l'espace compris entre les rails. En outre, cet espace est interrompu, de temps en temps, par des petites traverses en bois qui affleurent et par des petites rigoles qui permettent l'écoulement des eaux pluviales de la voie ferrée. Ainsi la surface occupée par le tramway est complètement soustraite au charroi ordinaire qui ne peut l'occuper que dans des cas exceptionnels. Pendant la construction d'un tramway, la circulation d'une route est gênée et souvent interrompue en même temps que la surface subit des dégâts notables, par les ouvertures pratiquées pour la pose des rails et des traverses et pour les forts dépôts de terre qui y sont nécessairement faits. De là une grande augmentation dans la production de la poussière et de la boue.

Quand les rails sont posés, il est nécessaire de déplacer l'axe de la route et de refaire le bombement, afin que l'écoulement des eaux puisse se faire d'une manière régulière. Il n'est

pas facile d'évaluer exactement les dépenses supplémentaires d'entretien occasionnées par ces modifications, mais, pendant une période de trois ans, elles sont supérieures d'un tiers aux dépenses ordinaires. Le premier Congrès international de la route a déjà émis le vœu que la largeur de la zone réservée au charroi ne soit pas inférieure à 5 mètres. En Italie, la loi prescrit une largeur minimum de 4 mètres et moins encore, là où il existe des obstacles spéciaux, c'est-à-dire dans les points où le charroi ordinaire subit par la situation de la route elle-même, les plus grandes difficultés.

C'est ainsi que dans la seule province de Florence, il existe 111 localités où, sur une longueur supérieure à 10 kilomètres, la zone réservée au charroi est de beaucoup inférieure aux limites prescrites par la loi et ce, de telle sorte, que des rétrécissements se rencontrent principalement dans l'intérieur des régions habitées, là où les trains de tramways s'arrêtent souvent longtemps, ne laissant ainsi à la disposition des véhicules ordinaires qu'une largeur à peine suffisante pour permettre le passage du seul tramway. C'est là précisément que se vérifie l'augmentation des dommages causés au sol de la route formée habituellement de cailloux mal joints entre eux et reposant sur une mince couche de sable. La chaussée y est sujette à se déformer, à se sillonner, et à se creuser surtout dans les zones en contact avec les rails et entre ces derniers, entre les traverses qui fournissent aux cailloux un appui plus résistant que le terrain inférieur. Il ne serait pas raisonnable de prétendre que les administrations des petites communes traversées par des tramways doivent supporter la dépense importante d'un pavage tel que celui qui est adopté dans les grandes villes. Hors des régions habitées, les routes supportent aussi de graves dommages. De l'enquête faite par nous auprès des bureaux techniques des provinces pour les routes sur lesquelles ont été établis des chemins de fer économiques, il résulte que la viabilité est le plus souvent mauvaise en toute saison.

On sait que dans leur marche les véhicules tendent à s'écarter le moins possible de l'axe de la voie, augmentant ainsi l'usure sur cette zone. Cette nature de dommages se rencontre plus facilement et dans de plus grandes proportions sur les routes dont la largeur permet à peine le déplacement des véhicules. Une analyse rigoureuse de la surcharge ainsi subie

par les dépenses générales d'entretien de la voie, du fait d'une telle concentration du charroi n'est pas chose facile, car cette surcharge dépend de plusieurs causes, parmi lesquelles on peut citer l'augmentation rapide de la circulation et celle du prix des matériaux et de la main-d'œuvre.

L'ingénieur en chef du bureau technique provincial de Milan assure que si l'on restituait au charroi la zone occupée par les tramways, il serait possible de réaliser une économie évaluée à plus de 300 francs par an et par kilomètre, le mode d'entretien normal restant invariable.

Dans la province de Bari, l'augmentation est de 10 à 20 p. 100, dans celle de Bologne de 5 à 10 p. 100, dans celle de Piacenza de 10 p. 100. Dans quelques provinces on a cru obvier à ces inconvénients en confiant l'entretien de la route entière à la Société exploitante du tramway, mais comme nous l'avons déjà dit, les résultats ont été absolument négatifs, étant donné le caractère même de ces Sociétés qui n'ont aucun intérêt direct à améliorer la viabilité.

Dans la plupart des cas, la province s'occupe de l'entretien de sa propre zone, tandis que la Société des tramways entretient la zone qu'elle occupe. Il en résulte entre les deux intéressés de fréquents conflits par suite de l'abandon dans lequel les Sociétés laissent leur partie de route respective. La zone réservée au charroi a une pente qui permet l'écoulement des eaux des deux côtés, car du côté occupé par le chemin de fer, les eaux devraient trouver un écoulement par les petits fossés creusés dans la section entretenue par la Société exploitante. Si cette dernière pourvoit au nettoyage de ces rigoles, le danger n'est pas sérieux, bien que dans les fossés, le canal collecteur n'existant pas, l'eau doit nécessairement croupir.

Si les fossés sont pleins, l'écoulement sur la route se produit d'un seul côté, tandis que le surplus de l'eau est destiné à demeurer stagnante. Le remède à un tel inconvénient pourrait être celui qui a été adopté par les instituts techniques de quelques provinces, consistant à relever la plate-forme de la route assez haut pour que le bord extérieur de la chaussée arrive au même niveau que le rail intérieur du tramway. Ce remède conduit à des réfections fréquentes nécessitées par les nombreuses réparations de la voie ferrée.

La province de Gênes pourvoit aussi à l'entretien de la

zone réservée au tramway, moyennant le versement d'une somme compensatrice payée par la Société exploitante et variant entre 300 et 800 francs annuellement par kilomètre de voie, d'après l'importance de la route qui peut être parcourue sur toute sa largeur par les véhicules ordinaires. On pourvoit à l'écoulement imparfait des eaux en perçant les rails et en construisant de petits canaux spéciaux.

Enlèvement de la neige.

Le balayage de la neige est l'opération de l'entretien qui présente le plus d'inconvénients. On emploie habituellement de grands traîneaux, ayant la forme d'un V, qui rejettent la neige sur les deux côtés de la route. La Société des tramways pourvoit elle-même au déblaiement de sa zone au moyen de chasse-neige ordinaires, rejetant ainsi sur la zone réservée au charroi la neige qui en avait été précédemment enlevée.

Il est nécessaire, par conséquent, de recourir au balayage, ce qui augmente beaucoup la dépense générale d'entretien. Un très petit nombre de lignes de chemins de fer économiques sur route ordinaire occupent une zone qui leur est entièrement réservée, mais une telle mesure n'est avantageuse qu'aux Sociétés de tramways qui peuvent ainsi, avec le moindre danger donner à leurs trains une plus grande vitesse. A l'autre partie de la route, reste l'inconvénient d'avoir perdu une grande partie de sa largeur.

A l'appui de ce que nous venons d'exposer, nous donnons ci-après les réponses les plus intéressantes faites à l'un des questionnaires envoyés aux bureaux techniques des provinces de l'Italie.

Province de Bologne. — Il existe 125 kilomètres de chemins de fer économiques sur routes ordinaires pour lesquelles la viabilité est assez bonne, grâce à des soins spéciaux; on n'obtient cependant pas l'écoulement régulier des eaux pluviales. On constate une aggravation des dépenses, indépendante de l'augmentation de la circulation et du prix de la main-d'œuvre et des matériaux, atteignant de 5 à 10 p. 100.

Province de Bari. — Il existe 91 kilomètres de tramways dont 39 à traction électrique. On constate fréquemment des

sillons le long du rail intérieur; l'écoulement des eaux se fait irrégulièrement; la surcharge des dépenses générales de l'entretien des routes due à l'existence des tramways varie de 10 à 20 p. 100.

Province de Caserta. — Il existe un chemin de fer militaire placé sur une zone de chaussée rehaussée et qui cause de graves dégâts au revêtement de la route en empêchant l'écoulement des eaux pluviales. La province, pour les réparations de la voie, a dépensé 5 000 francs par kilomètre.

Province de Cremona. — Il existe 135 kilomètres de tramways, qui facilitent la formation des ornières, de la poussière et de la boue, en empêchant l'écoulement des eaux.

Province de Cuneo. — 185 kilomètres de chemins de fer font obstacle au déblaiement de la neige qui est rejetée sur la route par le chasse-neige du chemin de fer.

Province de Florence. — Il existe 80 kilomètres de tramways et trois localités où la zone réservée au charroi est inférieure à 4 mètres. La viabilité des routes a empiré du fait d'une fatigue plus grande, du non écoulement des eaux et des sillons formés le long des rails.

Province de Lucca. — Les routes parcourues par 48 kilomètres de tramways sont devenues plus mauvaises bien que les dépenses d'entretien aient augmenté de 1/3.

Province de Milan. — Quoique ayant 469 kilomètres de tramways, cette province a de très bonnes routes. L'écoulement régulier des eaux sur le ballast est obtenu en maintenant les bords de ce dernier toujours au niveau du rail intérieur du tramway. Pour les rues à grand trafic, l'augmentation des dépenses par suite de la présence des tramways a été supérieure à 300 francs par kilomètre.

Province de Modena. — Sur les routes parcourues par les tramways, la viabilité est toujours mauvaise, l'écoulement des eaux et le déblaiement de la neige n'étant pas bien exécutés.

Province de Padova. — On assure l'écoulement régulier des eaux en donnant aux 63 kilomètres de routes parcourues par les tramways une pente suffisante. L'enlèvement de la neige est moins facile et par conséquent plus coûteux. L'augmentation des dépenses d'entretien est d'environ 2/3.

Province de Piacenza. — Toutes les voies sont dans de mauvaises conditions, parce que sur toute la longueur du réseau (201 kilomètres), il existe une zone de 0 m. 40 de largeur cons-

lamment remuée par les travaux nécessaires aux rails. L'augmentation de dépenses a été de 10 p. 100.

Province de Turin. — 271 kilomètres de route supportent les dommages provenant des réparations à faire aux rails des tramways dont les petites traverses dépassent d'environ 40 centimètres le rail intérieur. Le déblaiement de la neige n'est pas facile et est par conséquent coûteux.

Cinquante ingénieurs en chef de province considèrent les lois de 1905 et de 1906 comme défavorables, sous tous les rapports, aux routes ordinaires, et à ce propos, il nous plaît de rapporter le jugement exprimé par deux ingénieurs des plus compétents en matière de voirie. M. Italo Vandone, de Milan, considère la loi du 30 juin 1906 comme inspirée par une opinion absolument unilatérale, exagérant la valeur des intérêts du chemin de fer, par rapport à ceux de la viabilité des routes ordinaires et confiant ainsi la tutelle de la viabilité exclusivement au jugement du préfet. M. Sansoni, de Padoue, répondant aux questions faites dans notre questionnaire, affirme qu'il n'existe pas au monde de loi consacrant une obligation aussi indigne imposée aux administrations publiques locales.

Au point de vue de la circulation même, construire un chemin de fer économique sur une route ordinaire fréquentée déjà par une circulation supérieure à ce qu'elle peut supporter, dans le but de la soulager de la partie du transit qui pourrait être assuré plus rapidement par le chemin de fer, c'est un remède pire que le mal, car dans un pays d'industrie et de commerce, le transit ordinaire d'une route diminuera peut-être d'intensité dans les premières années d'exploitation du tramway établi, mais il augmentera ensuite jusqu'à ne plus trouver un débouché suffisant sur la zone réduite qui lui a été assignée.

Notre assertion est appuyée sur ce fait que les tramways, en général, déchargent la route du transit le plus léger produisant le moindre dommage aux chaussées et apportant le moins d'entraves à la circulation. Ainsi pour le tramway Bologne-Vizzano-Vignola, 1 kilomètre de voie produit 1 678 francs pour le transport des marchandises, contre 5 890 francs pour celui des voyageurs; pour le tramway Bologne-Imola, on a 598 francs contre 5 171 francs: pour le tramway Borgo S. Donnino-Salsomaggiore, 610 contre 4 712, pour le tramway Cagliari-Quarto S. Elena, 3 128 contre 10 036; et pour le tramway Navacchio-

Calci, 1422 contre 6544; pour le tramway Milano-Sedriano-Magenta, 1395 contre 6386 et pour le tramway Monza-Barzano-Oggiono, 1290 contre 7303.

Dans aucune des lignes de tramways en exploitation le service des marchandises ne produit plus que celui des voyageurs. Il faut donc conclure que le charroi sur les routes ordinaires n'a pas diminué avec la construction des tramways, comme il n'a pas diminué avec la construction des chemins de fer sur assiette spéciale.

Les tramways sont très utiles comme moyens de communication, mais ils deviennent un obstacle à la circulation ordinaire quand ils sont construits sur des routes de largeur inférieure à 8 mètres, et lorsqu'il est impossible au charroi de se servir utilement de la zone occupée par eux.

Conclusions.

La construction de tramways à vapeur sur routes ordinaires augmente les frais d'entretien de ces routes de 10 à 30 p. 100 et en rend plus mauvaises les conditions générales.

La construction de ces tramways ne devrait être permise que sur des routes assez larges pour ne pas obliger les véhicules à passer continuellement sur une zone trop étroite.

Cette zone est trop étroite si elle ne peut assurer la circulation des véhicules qui, avant la construction des tramways, était supportée par la route avec sa largeur totale.

La zone occupée par les voies du tramway devrait toujours être accessible aux véhicules.

Ing. GINO TOLLER.

65523. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

29

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section A : Construction et Entretien
hors des grandes villes
3. Question

ÉTABLISSEMENT DE CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL ET DE TRAMWAYS SUR ROUTES

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

INFLUENCE SUR LE MODE ET LES DÉPENSES D'ENTRETIEN

RAPPORT

PAR
W. G. C. GELINCK
à Assen
ET
D. A. VAN HEYST
à Zutphen
Ingénieurs du Waterstaat

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

LES TRAMWAYS ET LES ROUTES NATIONALES

DES PAYS-BAS

---

§ 1. — *Introduction.*

Les chemins de fer et les tramways, aux Pays-Bas, peuvent être classés au point de vue réglementaire et législatif, en trois catégories, savoir :

1° les chemins de fer ordinaires sur lesquels la vitesse maximum des trains est supérieure à 50 kilomètres à l'heure.

2° Les chemins de fer locaux ou vicinaux dont les trains ont une vitesse maximum égale ou inférieure à 50 kilomètres à l'heure.

3° Les tramways, dont la vitesse maximum est inférieure à 20 kilomètres à l'heure.

Toutefois, on trouve quelques tramways, dont la vitesse maximum légale peut atteindre 35 kilomètres à l'heure, mais seulement sur les parties de son parcours où la voie ne suit ni ne cotoie une route publique et où la ligne est construite sur plate-forme spéciale.

Les tramways proprement dits sont répartis, dans le royaume des Pays-Bas, sur une surface de 32 900 kilomètres carrés et comprennent 99 lignes, non compris celles faisant partie de réseaux urbains.

Ces lignes sont indiquées dans le tableau annexé, au présent rapport, sauf six d'entre elles qui ont été omises parce qu'on peut les considérer, au point de vue spécial du sujet, comme de moindre importance.

On trouve dans le même tableau, des indications sur la force motrice, la vitesse maxima réglementaire, la largeur de la voie, la longueur totale du réseau, la largeur du gabarit et

la longueur du tronçon de la ligne, où la voie se trouve à l'intérieur de l'emprise d'une route nationale.

Il en résulte que sur la longueur totale de 1 944 kilomètres[1] que possède le réseau des routes nationales des Pays-Bas, les parties où se trouve un tramway sur la route, n'ont ensemble qu'un développement de 409 kilomètres, soit 21 p. 100 de la longueur totale.

Il faut encore mentionner que quelques lignes de tramways à traction animale vont être converties en lignes à traction électrique, et qu'un grand nombre d'autres lignes sont projetées.

En général, les lignes de tramway d'une certaine importance sont construites en vertu d'une concession, bien que la loi ne l'exige pas impérativement. Si le gouvernement participe, par une subvention, aux frais de construction, il octroie toujours une concession, laquelle ne donne pas le droit au concessionnaire de faire usage des routes nationales ni des ouvrages d'art qui s'y trouvent. Il lui faut, pour cet objet, une « permission ministérielle » qui n'est délivrée qu'avec un cahier des charges ayant pour but de sauvegarder les intérêts de la route et ceux de la circulation. Si l'on excepte le dépôt, à titre de cautionnement d'une certaine somme dont les revenus sont versés au concessionnaire, cette permision est donnée gratuitement.

Pour la construction d'un tramway sur le sol des routes départementales ou secondaires, la Compagnie doit obtenir préalablement la permission des autorités compétentes (gouvernement privincial, conseil municipal, administration des polders, des digues, etc.).

Nous ne parlerons, dans ce qui suit, que des tramways qui empruntent ou cotoient les routes nationales.

§ 2. — *Dispositions générales.*

Le type moyen des routes nationales, munies généralement de deux lignes de plantation (ormes, chênes, hêtres) de haute futaie, comporte une surface de roulement d'une largeur de

---

1. Ainsi répartie : Chaussées pavées en briques . . . . 1.200 km.
Chaussées pavées en pierres naturelles . . . . 225 km.
Chaussées empierrées . . . . 450 km.
Chaussées avec revêtements divers . . . . 69 km.

3 m. 50 à 6 mètres. Les accotements latéraux ont une largeur de 2 à 4 mètres, ce qui donne, entre les troncs des arbres de la plantation, une largeur de 7 m. 50 à 13 mètres. Les routes sont bordées, de chaque côté, par des fossés qui en dépendent, de sorte que les limites séparatives des propriétés riveraines et de la propriété de l'Etat, et qui constituent les alignements de la route, se trouvent, en général, le long des bords extérieurs des fossés.

La largeur totale entre ces deux alignements varie de 12 à 18 mètres.

Il est évident qu'on trouve un grand nombre d'exceptions aux dimensions ci-dessus mentionnées, surtout dans les agglomérations où les routes nationales ont souvent été rétablies en suivant des passages parfois très étroits qui existaient déjà depuis longtemps.

Il va sans dire que la disposition la plus pratique serait celle suivant laquelle la voie de tramway se trouverait en dehors de l'une des deux lignes de plantation, mais le plus souvent la largeur des accotements du côté extérieur à la plantation est trop faible et, par suite, ne permet pas d'adopter cette disposition. De plus, un remplissage du fossé, de ce côté, ne peut, en général, être approuvé en raison des nécessités qu'impose l'évacuation des eaux. Il s'en suit que le tramway ne peut être construit du côté extérieur à la plantation sans l'acquisition, très coûteuse, d'une bande de terrain. Imposer cette acquisition sera donc souvent une mesure trop onéreuse pour le concessionnaire qui ne peut généralement pas supporter les frais d'expropriation de toute une série de maisons ou de jardins situés dans le voisinage des agglomérations.

Aussi trouve-t-on, le plus souvent, les tramways établis sur les routes nationales entre les deux lignes d'arbres des plantations. Il existe même des parties où l'on a sacrifié toute la plantation existante, mais heureusement, cette solution n'est pratiquée qu'exceptionnellement.

Les tramways sont à voie unique, sauf sur la ligne d'Amsterdam à Harlem (13 kilomètres) et sur celle d'Arnhem à Velp (6 kilomètres) où ils sont à double voie. Pour le tramway électrique d'Amsterdam à Harlem, où la route se trouve immédiatement juxtaposée au canal, on a adopté le système qui consiste à placer une voie de chaque côté du revêtement et l'on a enlevé les deux lignes de plantation. On a

même comblé une partie du fossé latéral et les parois nouvelles de ce fossé ont été défendues par un revêtement en bois qui assure la stabilité de la voie. Les conditions extraordinaires que présente cette route où l'on trouve aussi des canalisations très puissantes pour la conduite d'eau de la ville d'Amsterdam (30 000 mètres cubes par jour), ont motivé l'adoption de cette solution, qui, en général, ne peut être considérée comme très heureuse et qui offre bien des inconvénients tant pour la circulation que pour l'exécution des travaux d'entretien.

Les courbes et les déclivités des routes ne présentent pas de grandes difficultés pour la construction d'une ligne de tramway. Si le rayon de courbure est trop petit, on construit, pour la voie du tramway, une « coupure » ou déviation avec plate-forme indépendante, lorsque la voie se trouve du côté intérieur de la courbe. Si, au contraire, le tramway se trouve du côté extérieur, on établit un élargissement du revêtement, de manière que celui-ci suive aussi la courbure la moins prononcée, que demande la voie de tramway. De cette façon, on évite que celui-ci ne coupe à deux reprises la surface de roulement. Ces coupures doivent d'ailleurs être évitées autant que possible.

Là où il existe une double voie avec aiguillage, la seconde voie doit être construite du côté extérieur et ne pas être noyée dans le revêtement de la route. Il en est de même pour les voies de chargement ou de déchargement.

Lorsqu'un tramway doit franchir un pont fixe (pont dormant) on a le choix entre deux systèmes de construction : élargir le pont existant, ou construire un pont spécial pour la voie de tramway. Ce sont les circonstances locales qui indiquent la préférence à donner à l'une ou à l'autre de ces deux solutions.

Pour franchir les ponts tournants ou les ponts-levis, la voie de tramway suit, sur une certaine distance, le milieu de la route. Les accès sont alors formés par deux parties de voie en forme d'S dont les dimensions se règlent d'après le rayon minimum de la voie.

Si la partie élargie d'un pont fixe n'est pas séparée de la surface originale par une balustrade, il est désirable que le revêtement de la section élargie soit, entre les rails, accessible aux voitures ordinaires qui font usage de la route. En tout cas, la partie du pont comprise entre les rails doit être

munie d'un revêtement afin d'éviter que les piétons qui, le soir, passent sur le pont du tramway, ne soient victimes d'un accident.

En cas de largeur suffisante du pont, il est préférable d'établir une balustrade un peu plus longue que le pont lui-même, afin de séparer la partie servant à la circulation ordinaire de celle du tramway.

Sauf quelques chaussées au sud et à l'est des Pays-Bas, qui ne sont d'ailleurs que des exceptions, les routes nationales n'offrent pas de déclivités considérables. Si les accès vers un pont fixe ou vers les chaussées situées à la crête des digues sont trop raides, on construit, pour les tramways, des pentes plus douces en faisant reculer le point où la voie commence à monter. La voie est alors construite sur une petite digue de terre avec des talus gazonnés, en maçonnerie ou en béton, et séparée de la route par un petit fossé pouvant servir au drainage de la route.

La largeur de voie des tramways aux Pays-Bas est de 0 m. 750, 1 mètre, 1 m. 067 et 1 m. 435. La largeur maxima du gabarit varie de 1 m. 80 à 3 m. 15, soit de 0 m. 90 à 1 m. 575 de chaque côté de l'axe de la voie, dans les parties droites. La largeur moyenne des caisses est de 2 mètres à 2 m. 50.

Les rails sont en général du type Vignole, fixés sur des traverses. Là où la voie se trouve incorporée au revêtement, on attache des supports entre le patin des rails et les traverses et l'on fait usage, soit des rails à gorge, soit des rails ordinaires munis de contre-rails. Dans ce dernier cas, si les contre-rails sont formés de bandes plates tenues à la distance voulue par des boulons et des tubes-manchon en fer, les boues et les sables peuvent être pressés par les boudins des roues à travers le vide existant entre le rail et le contre-rail, tandis qu'avec le système de rails à gorge, ces boues d'ornières doivent être enlevées d'une manière spéciale.

Pour la plupart des tramways où la construction sur traverses est préférée à la construction sur longrines, les rails et les traverses sont posés dans un lit de ballast où il n'existe presque toujours que du sable, sans que ce sable soit recouvert d'une couche de gravier. Ce système donne beaucoup de poussière; une couche mince de gravier ou d'autres matériaux non poussiéreux, serait très efficace pour obvier à ces

inconvénients et, en même temps, meilleur pour l'entretien du matériel roulant.

L'axe de la voie doit être éloigné, autant que possible, de l'axe du revêtement, afin que la circulation ordinaire perde le moins d'espace. Dans le cas d'un tramway sur accotement, on obtient la meilleure situation quand le bord extérieur du matériel roulant reste complètement en dehors du revêtement de la route, mais souvent, la proximité de la plantation s'oppose à l'adoption de cette solution. Il faut toujours conserver une certaine distance minima entre les troncs d'arbre et le bord extérieur du matériel roulant; et cette distance doit être augmentée si les arbres n'ont pas poussé verticalement. En Hollande, où les vents de la direction Ouest et Nord-Ouest sont prépondérants, les arbres des routes ont souvent une légère inclinaison vers l'Est, ce qui peut augmenter de quelques décimètres la distance minima entre la voie sur l'accotement Ouest et la ligne de la plantation.

Lorsqu'avant toute construction de tramway, on a des deux côtés du revêtement une piste cyclable (ordinairement construite en scories de forge mêlées d'argile ou en gravier), et une piste sablonneuse pour les cavaliers, l'une d'elles doit être sacrifiée afin que la voie de tramway soit construite suivant les prescriptions. L'importance de la circulation cycliste ou cavalière donne des indications suffisantes pour déterminer celle des deux pistes qui doit disparaître. Là où existent une ou plusieurs garnisons de cavalerie et où circule beaucoup de bétail, la bande cyclable est difficile à entretenir. Au contraire, le long des chaussées pavées en pierres naturelles (en général moins agréables pour les cyclistes que les chaussées en briques ou empierrées), on cherche à garder, de préférence, la bande cyclable. En cas de besoin, on la renforce par une couche de briques cassées que l'on recouvre d'un revêtement.

§ 3. — *La voie de tramway et le revêtement.*

On ne peut pas toujours, sur les routes étroites, éviter que le rail intérieur (côté de la route), se trouve trop près de la bordure du revêtement, même si l'on a sacrifié l'une des deux pistes visées plus haut, et si l'on a rapproché, au-

tant que possible, la voie du tramway de l'une des lignes de plantation. Il est alors préférable d'élargir la surface de roulement jusqu'au rail extérieur en empierrant ou en pavant également l'entre-voie. Un élargissement qui s'étend seulement jusqu'au rail intérieur est à déconseiller sur les chaussées étroites. En effet, une voiture s'engageant trop sur le côté et dépassant avec une de ses roues le rail intérieur, peut s'enfoncer dans le sable de l'entre-voie de telle façon qu'en cas de danger, elle ne puisse en sortir assez vite. C'est pourquoi, lorsqu'on n'impose pas au concessionnaire la charge d'un élargissement jusqu'au rail extérieur, il est préférable, en cas de chaussée étroite, de laisser une bande non revêtue entre la surface de roulement et le rail intérieur. Avec ce système, le cocher d'une voiture dont une des roues s'engage sur cette bande, est averti à temps qu'il s'approche trop de la voie et qu'il est exposé à faire le dangereux croisement du rail intérieur.

L'élargissement du revêtement jusqu'au rail extérieur entraîne évidemment des difficultés pour l'entretien de la voie. Cette partie est alors souvent enlevée, notamment au commencement du service. Aussi est-il indispensable, dans ces conditions, que les deux rails soient munis de contre-rails. L'élargissement du côté de la voie du tramway est donc une mesure onéreuse pour le concessionnaire qui doit, généralement, supporter les frais de tous les travaux.

Dans le cas d'accotements trop étroits, on peut adopter une autre solution qui consiste à élargir le revêtement de l'autre côté ou à déplacer latéralement, toute la surface de roulement. Il va sans dire que la première méthode nécessite moins de travaux que la seconde, mais la chaussée y perd son bombement régulier. Sur une chaussée empierrée, on peut modifier ultérieurement un peu le profil en réglant l'épaisseur des rechargements; mais avec les chaussées pavées, cette modification n'est pas possible et l'on ne peut rétablir le profil ordinaire avec son bombement qu'en relevant toute la largeur; c'est d'ailleurs un procédé très coûteux.

Là où la voie de tramway croise une chaussée empierrée ou pavée en briques, on pose le long des rails, une série de pierres naturelles; on peut encore paver toute l'entre-voie. De cette façon, il est plus facile, notamment en courbe, de régler le profil du revêtement d'après la hauteur des rails

et le dévers du rail extérieur, de manière que le charroi ordinaire ne subisse aucun choc.

Si l'on craint que la construction d'une voie de tramway sur accotement occasionne des difficultés au point du vue du drainage, il est indispensable d'assurer le libre écoulement des eaux par des demi-caniveaux ou des saignées placés, de distance en distance, sous les rails, à moins que la voie, se trouvant posée en contrebas de la chaussée, l'évacuation puisse se faire par dessus la voie elle-même. Toutefois, cette dernière disposition ne doit être adoptée qu'exceptionnellement.

Il faut, enfin, tenir compte de la situation des canalisations d'eau, de gaz ou d'électricité pour que la présence de la voie de tramway n'impose aucune difficulté au point de vue de l'entretien, de la réparation ou du renouvellement des conduites. On évite, dans ce cas, de projeter la voie au-dessus desdites canalisations.

§ 4. — *Conditions spéciales.*

Conformément à la loi du 28 février 1891 et du règlement de police concernant les routes nationales, établi pour l'application de cette loi, il est nécessaire que le concessionnaire, désireux de construire une ligne de tramway sur une route nationale, obtienne une permission ministérielle. Cette permission n'est accordée qu'avec un cahier des charges dressé d'après un modèle fixe et contenant généralement les stipulations suivantes :

1° L'usage de la route n'est permis qu'entre les bornes hectométriques... et...

2° Des croisements du revêtement ne seront construits qu'à certains endroits spécialement indiqués.

3° Les voies doubles avec aiguillages (demi-lunes), seront construites auprès des bornes hectométriques...

4° La largeur de la voie sera de...

5° La largeur du matériel, chargé ou vide, ne devra jamais dépasser...

6° Pour la construction, il faut tenir compte des règles suivantes :

a) On laissera le plus grand espace possible pour le charroi

ordinaire; en cas de besoin, le revêtement doit être déplacé de côté.

b) Le côté extérieur du matériel roulant ou de son chargement ne doit pas se rapprocher à moins d'une distance de... (ordinairement 0 m. 75 à 1 mètre) des maisons, murs, cloisons, etc.. ni à moins de... (ordinairement 1 mètre) de l'axe des plantations, haies, poteaux ou obstacles isolés.

c) La construction sera faite de telle façon que le drainage de la chaussée ne sera pas gêné; si le niveau des rails se trouve au-dessus de celui du revêtement, l'évacuation doit se faire sous la voie. Si les rails sont noyés dans le revêtement, ou se trouvent à une distance inférieure à 1 m. 50 de la surface de roulement, la partie supérieure des rails ne doit pas présenter de saillie au-dessus dudit revêtement.

7° Dans les agglomérations et sur les parties de lignes spécialement indiquées, le revêtement sera modifié de la manière suivante :

a) Si le rail intérieur est établi à une distance du revêtement égale ou inférieure à 0 m. 25, toute l'entre-voie, ainsi que l'intervalle libre entre le rail intérieur et la bordure du revêtement seront revêtus de la même manière que la chaussée.

b) Si cette distance est comprise entre 0 m. 25 et 0 m. 50, il faut que les deux parties de la route visées par le paragraphe précédent, soient pourvues d'un revêtement décrit ci-dessous.

c) Si la distance en question atteint 0 m. 50 à 0 m. 80, l'intervalle entre le rail inférieur et la bordure du revêtement, doit toujours être pourvu d'un revêtement spécial, mais pour l'entre-voie, il n'en sera de même que là où l'ingénieur en chef, directeur de la route, l'exigera dans l'intérêt de la circulation ordinaire.

d) Si un des rails ou les deux rails se trouvent noyés dans le revêtement, on suivra la construction mentionnée au paragraphe *a*), mais, en outre, on établira le même revêtement sur une zone latérale de 0 m. 50 de l'autre côté de la voie de tramway.

8° Pour les parties de ligne, non visées au paragraphe 7°, le revêtement sera modifié de la manière suivante :

a) S'il existe de l'autre côté de la chaussée, une bande ou un accotement accessible, sans inconvénient, au charroi (pour une petite longueur) et si le rail intérieur se rapproche

du revêtement à une distance égale ou inférieure à 0 m. 30, l'intervalle libre entre ce rail et la surface de roulement doit être muni d'un revêtement décrit plus loin.

b) Si de l'autre côté de la chaussée les voitures ne peuvent se rendre sans inconvénients sur l'accotement, et si la distance visée au paragraphe précédent est de 0 m. 80 au moins, l'entre-voie doit être revêtue de la manière indiquée au paragraphe *a*).

9° Là où la voie se trouve en chaussée pavée, les traverses seront posées de manière que leurs faces supérieures se trouvent encore à 0 m. 05 au-dessous des queues des matériaux de pavage.

Lorsque la voie passe sur des ponts en maçonnerie, l'épaisseur de la couche de ballast entre l'extrados de la voûte et le dessous des traverses sera au moins de 0 m. 25.

10° Dans les croisements, le concessionnaire établira des pavages sur une surface telle que la circulation et le drainage n'en subissent pas d'inconvénients; la pente du revêtement, dans la direction du profil en long, ne dépassera pas 100 de base pour 1 de hauteur (0 m. 01 par mètre).

11° Les matériaux pour les nouveaux revêtements seront de la même qualité que les matériaux du revêtement existant. Là où l'ingénieur en chef, directeur de la route, l'exigera, le concessionnaire devra, après trois mois de service, faire relever tous les nouveaux pavages et faire rétablir le bombement du profil.

Les voies doubles resteront du même côté de la chaussée que la voie principale et seront construites de telle manière qu'elles n'empièteront pas sur le revêtement.

12° Les poteaux des lignes électriques seront placés, autant que possible, suivant l'alignement de la plantation, au milieu de l'intervalle compris entre deux arbres. Les supports et les fils aériens ne se trouveront jamais à une hauteur inférieure à 5 mètres au-dessus des rails. Les poteaux ne seront pas construits en bois. Si l'ingénieur en chef, directeur de la route le désire, les poteaux seront munis d'un appareil de protection pour empêcher le public de toucher aux parties dangereuses.

13° Là où les rails se trouvent noyés dans le revêtement, il faut employer des rails à gorge ou munir les rails ordinaires,

soit de bandes de fer dans les parties droites, soit de véritables contre-rails profilés dans les courbes.

Les autres conditions (le modèle ordinaire de cahier des charges en contient 29), ne présentent pas d'intérêt au point de vue du sujet traité dans le présent rapport, sauf quelques-unes mentionnées au paragraphe suivant.

§ 5. — *Le tramway et la circulation sur route.*

Pour les voitures ordinaires et les autres usagers de la route, un tramway sera toujours quelque peu gênant. Toutefois, moins la circulation des trains sera intense, moins on subira de gêne.

En premier lieu, il faut mentionner l'effroi des chevaux, surtout au commencement de la mise en service régulière du tronçon. Plus tard, ce danger diminue, mais il subsiste toujours car, aux Pays-Bas, pays de culture intensive, les paysans attellent, en rase campagne, des chevaux relativement jeunes.

Les échappements de vapeur et de fumée des locomotives peuvent devenir très gênants pour la circulation, notamment lorsque la direction du vent et une basse température en augmente l'importance. Cette situation accroît le danger pour les chevaux ombrageux et gêne la vue des automobilistes, des cyclistes et des cochers.

Lorsque les trains sont longs et la chaussée étroite, les voitures ordinaires sont parfois forcées d'attendre assez longtemps avant de pouvoir continuer leur course.

Quant aux soulèvements de poussière, le passage des trains ne fait qu'aggraver cette gêne générale, surtout le long des chaussées empierrées et lorsque la couche supérieure de l'entre-voie est composée de sable fin. Un gazonnement régulier de l'entre-voie est, en général, impossible à cause des remaniements fréquents nécessités par la réparation de la voie et le bourrage des traverses.

Enfin, le soir, des lumières trop fortes en tête des trains peuvent gêner la circulation ordinaire.

Sur la ligne d'Harlem à Amsterdam, un phare électrique est établi sur l'enveloppe en tôle du balcon de front des automotrices, et on s'est déjà plaint de l'intensité trop grande de cette lumière qui permet bien au wattman de distinguer,

à une grande distance, tous les objets de la voie, mais qui aveugle complètement les autres usagers de la route se rendant en sens inverse.

Il faut, par suite, éviter les lanternes qui donnent une lumière trop intense et les placer aussi bas que possible.

Les croisements de la surface de roulement sont toujours dangereux pendant la nuit et peuvent le devenir également pendant le jour pour les chauffeurs ou les cyclistes étrangers qui marchent à une allure trop vive. Lorsque la voie, avant d'atteindre le croisement, se trouve du côté extérieur de la plantation, un certain nombre d'arbres doivent être enlevés afin de donner la vue très libre à l'endroit du croisement lui-même.

La plupart des croisements inattendus sont indiqués par les soins du Touring-Club général des Pays-Bas et de l'Union automobile néerlandaise, au moyen de poteaux indicateurs, mais, en général, ces poteaux ne sont pas éclairés pendant la nuit.

Il faut prescrire aux conducteurs de tramway de ralentir aux endroits sus indiqués et d'y annoncer l'arrivée du train par des appareils avertisseurs suffisamment sonores, mais de façon à ce que les chevaux n'en soient pas effrayés.

Les appareils désignés sont aux Pays-Bas : la cloche ordinaire, la cloche à vapeur, le sifflet à vapeur ou la corne pneumatique.

Aux endroits extrêmement étroits ou dangereux, on prescrit d'aller « au pas », tandis qu'un employé du tramway marche à l'avant du train avec un pavillon ou une lanterne rouge.

Les articles les plus essentiels de la permission minitérielle susvisée et du règlement général de 1902 sur les tramways, concernant la sécurité de la circulation, sont les suivants :

1° Lorsque le ministre du Waterstaat (travaux publics), le juge nécessaire, la Compagnie concessionnaire doit, à première réquisition, construire, entretenir et faire fonctionner tous les appareils de sécurité, signaux, etc., à placer aux croisements ou aux autres endroits.

2° Excepté en cas d'arrêt ordinaire suivant l'horaire de service, une partie quelconque du matériel roulant ne restera jamais sur une voie établie sur une route nationale. Ne sont pas compris dans cette interdiction, les fourgons stationnant

en dehors de la surface de roulement, mais seulement pendant six heures consécutives entre le lever et le coucher du soleil, et lorsqu'il n'en résulte aucune gêne ni aucun danger pour la circulation ordinaire.

3° Les trains auront, pendant l'obscurité, deux lumières blanches à l'avant et une lumière rouge à l'arrière.

4° Les conducteurs des voitures ordinaires et les conducteurs de bestiaux sont obligés de faire place sur la voie lorsqu'un train arrive.

Il est interdit de se servir de la voie de tramway avec des véhicules munis de roues spécialement construites pour utiliser les rails. (Jadis, on trouvait en Frise, un grand nombre de chariots traînés par des chiens et qui utilisaient régulièrement la voie du tramway dans l'intervalle compris entre deux trains.)

5° Les locomotives et les voitures-moteurs seront munies de chasse-corps et de freins suffisamment puissants, agissant sur tous les essieux et sur toutes les roues. Lorsque les trains, destinés au transport des voyageurs, auront plus de trois voitures d'une longueur de 7 mètres et plus, on emploiera le freinage continu (toutes les voitures freinées par une seule manipulation du moteur).

6° Le moteur doit toujours être à l'avant du train. Le refoulement par le moteur n'est autorisé qu'à une vitesse inférieure à 10 kilomètres à l'heure; dans ce cas, la voiture située à l'avant du train, devra être, en même temps, gardée par un employé spécial.

Pour les lignes à traction électrique, on peut autoriser des dérogations à cette dernière prescription.

§ 6. — *Avantages et inconvénients.*

Les avantages qu'une route peut retirer de la construction d'un tramway qui la suit ou la cotoie ne sont généralement pas très grands. La circulation ordinaire diminuant un peu, la viabilité du revêtement sera prolongée, mais cette prolongation n'est pas très importante et présente peu d'intérêt.

Les matériaux d'entretien de la chaussée sont rarement expédiés par les tramways. Ces matériaux sont transportés par chemin de fer ou par bateau jusqu'à la station la plus

rapprochée et sont ensuite chariés vers le point où ils sont utilisés.

En cas d'élargissement de la surface accessible au charroi, les avantages sont à considérer, surtout lorsque la Compagnie concessionnaire a à sa charge les frais d'entretien d'une partie de la chaussée (par exemple, du revêtement de l'entre-voie et de l'une ou des deux zones latérales longeant les rails).

Il en est de même lorsque cette Compagnie doit supporter les frais d'entretien d'un ouvrage d'art dont la reconstruction a été motivée par l'établissement du tramway.

Mais, en général, les cas indiqués ci-dessus sont exceptionnels; le plus souvent, la reconstruction des ouvrages d'art situés sur une route nationale est faite par l'Etat, moyennant le cas échéant, la contribution de la Compagnie pour une part égale au supplément des frais entraînés par les changements dûs au passage de la voie ferrée.

En résumé, la situation de la route est améliorée par suite de la construction d'un tramway lorsque les déclivités et les courbes sont adoucies; mais il va de soi que ces avantages sont exceptionnels.

Les inconvénients ont été indiqués sommairement dans les paragraphes précédents. Généralement, le profil en travers d'une chaussée avec tramway devient moins favorable à la circulation ordinaire, sauf lorsque la voie est construite en dehors de la ligne de plantation ou sur accotement avec un intervalle assez large entre le rail et le revêtement. Dans ce cas, la circulation ordinaire est moins gênée et les dépenses d'entretien n'augmentent que dans une très faible proportion. Une voie de tramway posée trop près du revêtement ou noyée dedans occasionne de fréquentes réparations. Les frais d'entretien sont augmentés, aussi bien lorsque le concessionnaire les supporte que lorsque l'Etat les a à sa charge.

Si le revêtement a été déplacé latéralement par suite de l'élargissement du côté opposé à la voie, le bombement n'est plus régulier; si, au contraire, le revêtement a été relevé de toute la largeur pour obtenir un nouveau profil, les frais d'entretien de la surface de roulement augmentent considérablement pendant les premières années, surtout pour les chaussées en briques, dont une assiette nouvelle demande toujours un certain temps pour devenir stable.

Conclusions.

1° Il est à recommander de construire l'axe de la voie de tramway le plus éloigné possible de l'axe du revêtement. Là où il existe des plantations, il faut, autant que possible, poser la voie du côté extérieur à l'une des lignes d'arbres.

2° Dans le cas de voie sur accotement, et lorsqu'elle se trouve à proximité de la surface de roulement, il faut munir l'entre-voie d'un revêtement et même revêtir la zone latérale longeant le rail extérieur.

3° Les croisements de chaussée par la voie sont à éviter autant que possible.

4° Lorsque la voie est établie en dehors des lignes de plantations, il faut enlever, aux croisements, un grand nombre d'arbres pour assurer la visibilité.

5° Si la voie est double, on ne doit autoriser l'établissement d'une voie de chaque côté de la chaussée que dans des cas exceptionnels et lorsque toute autre solution est impossible.

6° Lorsqu'une voie de tramway traverse un pont fixe (pont dormant) et si la surface de roulement ne s'élargit pas de l'entre-rails, c'est-à-dire si la circulation ordinaire ne peut pas utiliser la largeur réservée au passage des trains, cette dernière partie de la chaussée doit être séparée de la surface restante par une balustrade qui sera plus longue que le pont lui-même. De plus, l'entre-rail ne devra jamais être laissé ouvert.

W. G. C. GELINCK et D. A Van HEYST

Ingénieurs du Waterstaat.

65595. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

NUMÉROS	LIGNES	Commencement de l'exploitation	Force motrice	Vitesse maximum en kilomètres par heure	Largeur de la voie (m.)	Longueur de la ligne (km.)	Longueur des parties sur les routes nationales (km.)	Distance des deux lignes de plantation entre les côtés intérieurs des troncs (m.)	Largeur du revêtement (m.)	Distance minimum entre l'axe primitif du revêtement et l'axe de la voie du tramway (m.)	Largeur du matériel (m.)	Rayon minimum (m.) des courbes de la voie du tramway (m.)	Pente maximum de la voie du tramway
1	Oldambt-Pekela	—	vapeur	20	1.067	29.6	—	—	—	—	2.00	15	1/50
2	Zuidbroek-ter Apel	1880	chevaux	12	1.435	49.0	—	—	—	—	2.10	17.5	1/∞
3	Winschoten-Bellingwolde	1900	»	12	1.067	13.6	—	—	—	—	1.80	15	1/70
4	Winsum-Ulrum	1897	»	12	1.067	14.6	—	—	—	—	2.00	20	1/55
5	Groningen-Eelde	1896	»	10	0.75	10.0	—	—	—	—	2.00	15	1/20
6	Groningen-Zuidlaren	1892	»	12	0.75	20.7	8.7	7.90	3.70	2.35	2.00	30	1/70
7	Dokkum-Suameer	1880/1881	»	10.5	1.435	17.8	—	—	—	—	2.10	20	1/50
8	Suameer-Heerenveen-Sneek-Leeuwarden	1882/1902	vapeur	20	1.435	117.3	16.1	10.00	4.50	3.75	2.70	24	1/50
9	Joure-Lemmer	1901	»	20	1.435	15.7	—	—	—	—	2.24	65	1/200
10	Witmarsum-Makkum	1898	chevaux	10.5	1.435	6.5	—	—	—	—	2.10	25	1/70
11	Marssum-St. Jacobi-parochie	1899	vapeur	20	1.435	12.8	4.4	7.50	4.50	3.25	2.70	70	1/70
12	Berlikum-St. Anna-parochie	1900	chevaux	11.5	1.435	4.8	—	—	—	—	2.10	16	1/70
13	Hoogeeven-Nieuw-Amsterdam	1905	vapeur	20	1.067	35.0	—	—	—	—	2.16	25	1/50
14	Coevorden-ter Apel	1899/1907	»	20	1.067	43.2	—	—	—	—	2.20	25	1/200
15	Hoogeveen-Slagharen	1905	»	20	1.067	16.6	—	—	—	—	2.20	25	1/∞
16	Meppel-Balkbrug	1908	»	20	1.067	21.4	—	—	—	—	2.20	25	1/∞
17	Zwolle-Coevorden	1886/1897	»	20	1.067	55.8	10.5	7.70	4.50	5.50	2.20	25	1/70
18	Lutten-Hardenberg	1886/1905	»	20	1.067	6.5	—	—	—	—	2.20	25	1/∞
19	Enschedé-Glanerbrug (Gronau)	1908	électricité	20	1.00	7.5	5.0	8.00	4.15	2.00	2.20	20	1/50
20	Nunspeet-Hattem (Zwolle)	1908	vapeur	20	1.435	26.5	22.8	8.70	4.00	2.75	2.16	75	1/150
21	Deventer-Borculo	1885	»	20	1.067	52.8	2.8	9.70	3.90	3.20	2.24	20	1/65
22	Zutphen-Hengelo (G)	1905	»	20	0.75	17.8	9.4	9.50	3.90	3.10	2.05	25	1/65
23	Zutphen-'s Heerenberg	1902	»	20	0.75	40.1	—	—	—	—	2.10	50	1/50
24	Lichtenvoorde-Zeddam	1908	»	20	0.75	30.4	—	—	—	—	2.05	25	1/80
25	Doesburg-Gendringen	1881/1905	»	20	0.75	27.8	27.5	8.00	4.20	3.00	2.05	25	1/65
26	Velp-Dieren-Doesburg	1881/1887	»	20	0.75	14.6	11.5	9.00	4.20	2.90	2.05	16	1/65
27	Arnhem-Velp	—	chevaux	12	1.435	6.5	5.8	—	4.20	2.80	2.10	18	1/20
28	Elden-Elst-Lent	1909	vapeur	20	1.067	16.2	15.0	7.50	4.20	2.00	2.10	30	1/80
29	Nymegen-Beek	1889	»	20	1.067	6.5	—	—	—	—	2.20	23	1/17
30	Nymegen-Berg en Dal	1891	»	20	1.067	6.2	—	—	—	—	2.20	25	1/25
31	Nymegen-Neerbosch	1889	»	20	1.067	4.6	—	—	—	—	2.20	40	1/25
32	Nymegen-Wamel	1902	»	20	1.067	30.4	—	—	—	—	2.20	40	1/25
33	Ede-Wageningen	1882	»	20	1.435	7.1	—	—	—	—	2.44	70	1/100
34	Tiel-Culemborg	1906	»	20	1.067	25.0	—	—	—	—	2.20	20	1/70
35	Arnhem-Grebbe	1882/1887	»	20	1.067	22.2	18.7	8.50	4.20	5.75	2.15	20	1/28
36	Zeist-Greebe ; Sandenburgerlaan-Wyk by Duurstede	1887	»	20	1.067	40.0	25.7	8.50	4.00	5.50	2.15	20	1/45
37	Utrecht-Zeist	1909	électricité	20	1.435	11.5	8.8	9.00	4.25	5.11	2.12	15	—
38	Utrecht-Vreeswyk	1895	chevaux	11	1.067	9.3	—	—	—	—	2.02	—	1/40
39	Baarn-Soest	1895	»	12.5	1.067	5.5	4.5	10.00	4.00	5.40	2.00	20	1/∞
40	Hoorn-Enkhuizen	1889	»	12	1.00	19.9	—	—	—	—	1.80	23	1/100

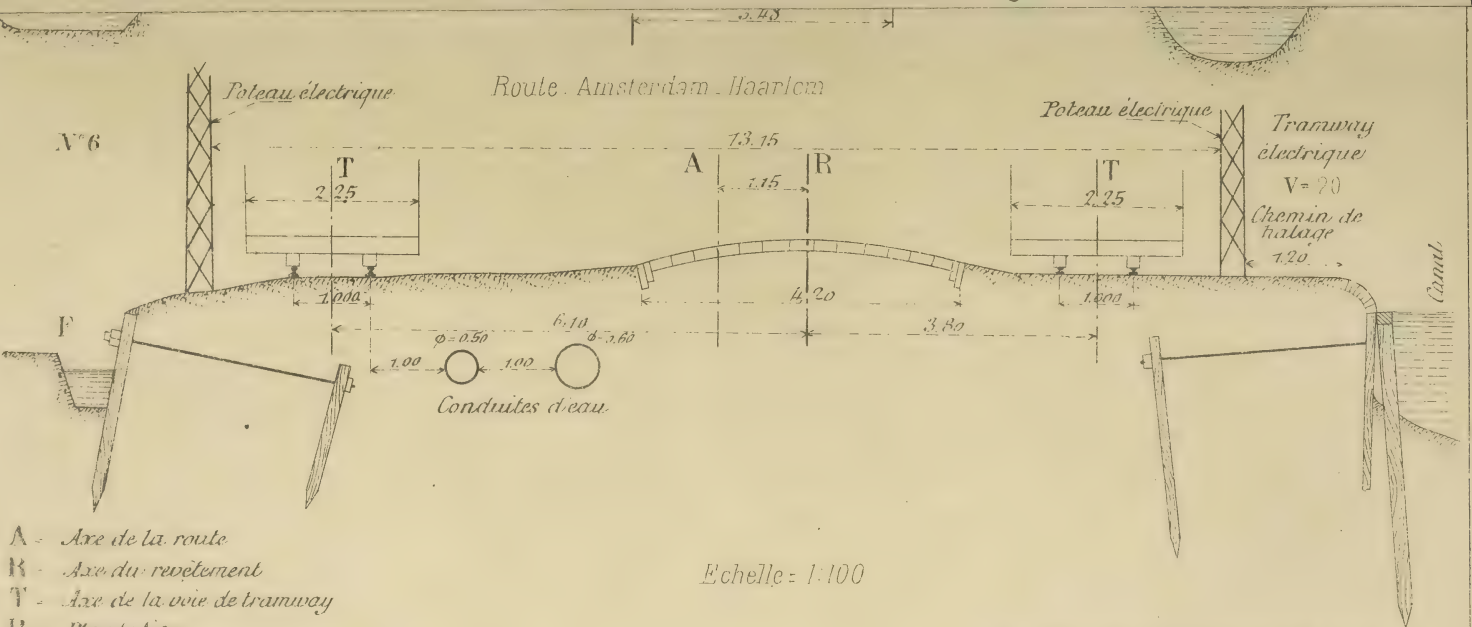
43	Zunderdorp-Purmerend	1894	»	20	1.00	10.6	—	—	—	—	2.52	50	1/50
44	Purmerend-Alkmaar	1895	»	20	1.00	25.8	—	—	—	—	2.52	50	1/40
45	Alkmaar-Bergen	—	»	55*	1.435	6.0	2.7	—	—	—	2.89	100	1/100
46	Alkmaar-Egmond a/Z.	1905	»	55*	1.435	8.7	—	—	—	—	2.89	100	1/100
47	Alkmaar-Velsen-Haarlem	1896	»	20	1.00	50.0	20.4	6.75	4.00	5.60	2.05	20	1/50
48	Amsterdam-Zandvoort	1904	électricité	55*	1.00	28.2	15.0	—	—	5.80 / 6.10	2.25	16	1/40
49	Amsterdam-Hilversum	1882	vapeur	20	1.435	45.0	25.4	9.00	4.00	5.00	2.50	28	1/25
50	Hilversum-'s Graveland	1887	chevaux	12	1.00	6.0	—	—	—	—	1.80	—	—
51	Haarlem-Leiden	1881	vapeur	20	1.435	28.0	19.2	—	4.00	5.00	2.50	18	1/40
52	's Gravenhage-Leiden	1885	»	20	1.067	18.1	1.4	6.00	4.00	4.75	2.10	25	1/50
53	's Gravenhage-Delft	1887	»	20	1.435	8.6	1.9	8.60	5.00	5.95	2.05	20	1/50
54	's Gravenhage-Kykduin	1882	»	20	1.435	7.5	2.8	6.75	4.00	2.15	2.55	50	1/40
55	Loosduinen-Hoek van Holland, Poeldyk-Naaldwyk	1882/1907	»	20	1.435	27.4	6.7	—	4.00	5.50	2.55	100	1/60
56	Gouda-Bodegraven	1892	chevaux	12	0.75	9.2	—	—	—	—	1.90	20	1/∞
57	Rotterdam-Zuid Beyerland-Numansdorp	1898	vapeur	55*	1.067	54.2	10.7	7.00	4.50	5.00	2.26	100	1/100
58	Krooswyk-Goudswaard	1905	»	55*	1.067	14.4	—	—	—	—	2.26	100	1/100
59	Middeldyk-Zwyndrecht	1904	»	55*	1.067	11.8	2.9	7.50	4.55	5.50	2.26	100	1/100
60	Blaaksche dyk-Stryen	1904	»	55*	1.067	11.5	2.8	—	4.25	5.50	2.26	100	1/100
61	Rotterdam-Spykenisse — Hellevoetsluis / Oostvoorne	1905/1906	»	55*	1.067	50.5	2.2	—	—	—	2.50	100	1/100
62	Ooltgensplaat-Middelharnis-Ouddorp	1909	»	55*	1.067	50.9	—	—	—	—	2.50	100	1/100
63	Steenbergen-Brouwershaven	1900	»	20	1.067	47.1	—	—	—	—	2.20	54	1/57
64	Middelburg-Vlissingen	1885	»	20	1.435	8.0	—	—	—	—	2.50	25	1/66
65	Vlissingen-Middelburg-Domburg	1906	vapeur	20	1.067	27.2	—	—	—	—	2.00	50	1/100
66	Breskens-Grens (Maldeghem)-Sluis	1887	»	20	1.00	27.9	21.1	11.50	5.00	5.50	2.50	50	1/50
67	Sluis-Grens-(Heyst)	1890	»	20	1.00	1.8	—	—	—	—	2.40	60	1/120
68	Schoondyke-Grens	1891	»	20	1.00	9.9	—	—	—	—	2.16	20	1/60
69	Aardenburg-Grens	1904	»	20	1.00	2.9	—	—	—	—	2.50	60	1/60
70	Hulst-Walsoorden	1902	»	20	1.00	15.5	—	—	—	—	2.50	50	1/55
71	Tholen Ossendrecht Grens	1882/1886	»	20	1.067	52.5	6.0	11.70	4.50	4.00	2.20	55	1/40
72	Breda — Geertruidenberg / Tilburg	1880/1904	»	20	1.067	56.8	11.5	11.90 / 9.50	4.50 / 5.00	4.50 / 2.70	2.10	17	1/60
73	Breda-Rysbergen-Grens (Antwerpen)	1890	»	20	1.067	22.7	21.0	12.15	5.85	4.55	2.20	50	1/50
74	Princenhage Oudenbosch-Steenbergen	1890/1892	»	20	1.067	54.2	7.4	12.25	5.85	5.80	2.20	50	1/50
75	Roosendaal-Gastelsveer	1892	»	20	1.067	5.4	—	—	—	—	2.20	50	1/50
76	Oud-Gastel-Willemstad	1906	»	20	1.067	15.5	—	—	—	—	2.20	50	1/50
77	Steenbergen-Halsteren	1899	»	20	1.067	8.6	—	—	—	—	2.20	50	1/50
78	's Hertogenbosch-Waalwyk-Tilburg	—	»	20	1.067	52.5	1.1	—	—	—	2.20	50	1/75
79	Drunen-Heusden	1896	»	20	1.067	6.5	—	—	—	—	2.20	50	1/∞
80	Tilburg-Hilvarenbeek-Grens	1907/1909	»	20	1.067	19.7	5.2	9.50	4.00	6.80	2.20	50	1/200
81	's Hertogenbosch-Vught-Voorburg	1881	chevaux	12	1.067	5.6	1.2	9.20	5.50	5.22	2.10	20	1/∞
82	St. Michielsgestel-Vught	1899	vapeur	20	1.067	4.1	—	—	—	—	2.20	50	1/∞
83	's Hertogenbosch-Eindhoven	1897/1899	»	20	1.067	41.5	0.7	8.80	4.25	2.00	2.20	50	1/∞
84	Veghel-St Oedenrode	1897	»	20	1.067	7.5	—	—	—	—	2.20	50	1/∞
85	Eindhoven-Grens	1897	»	20	1.067	29.9	—	—	—	—	2.20	50	1/∞
86	Eindhoven-Asten	1906	»	20	1.067	29.5	2.8	—	5.80	2.88	2.20	50	1/80
87	Geldrop-Heeze	1907	chevaux	12	1.067	4.5	—	—	—	—	2.20	50	1/70
88	's Hertogenbosch-Helmond	1885	vapeur	20	1.067	41.0	2.0	12.50	5.00	4.05	2.10	25	1/70
89	Veghel Oss	1885	»	20	1.067	20.7	—	—	—	—	2.10	25	1/∞
90	Venlo-Steyl	1888	chevaux	10	0.75	6.1	2.9	8.85	5.00	2.87	1.90	20	1/50
91	Maastricht-Smeermaas	1898	vapeur	20	1.00	5.5	5.9	12.80	6.00	4.20	2.50	50	1/40
92	Maastricht Montenaken	1909	»	20	1.00	4.0	2.4	11.50	5.00	5.25	2.50	50	1/50
93	Maastricht-Canne	1894	»	20	1.00	5.2	—	—	—	—	2.50	55	1/40

1/∞ = Sans déclivités notables,

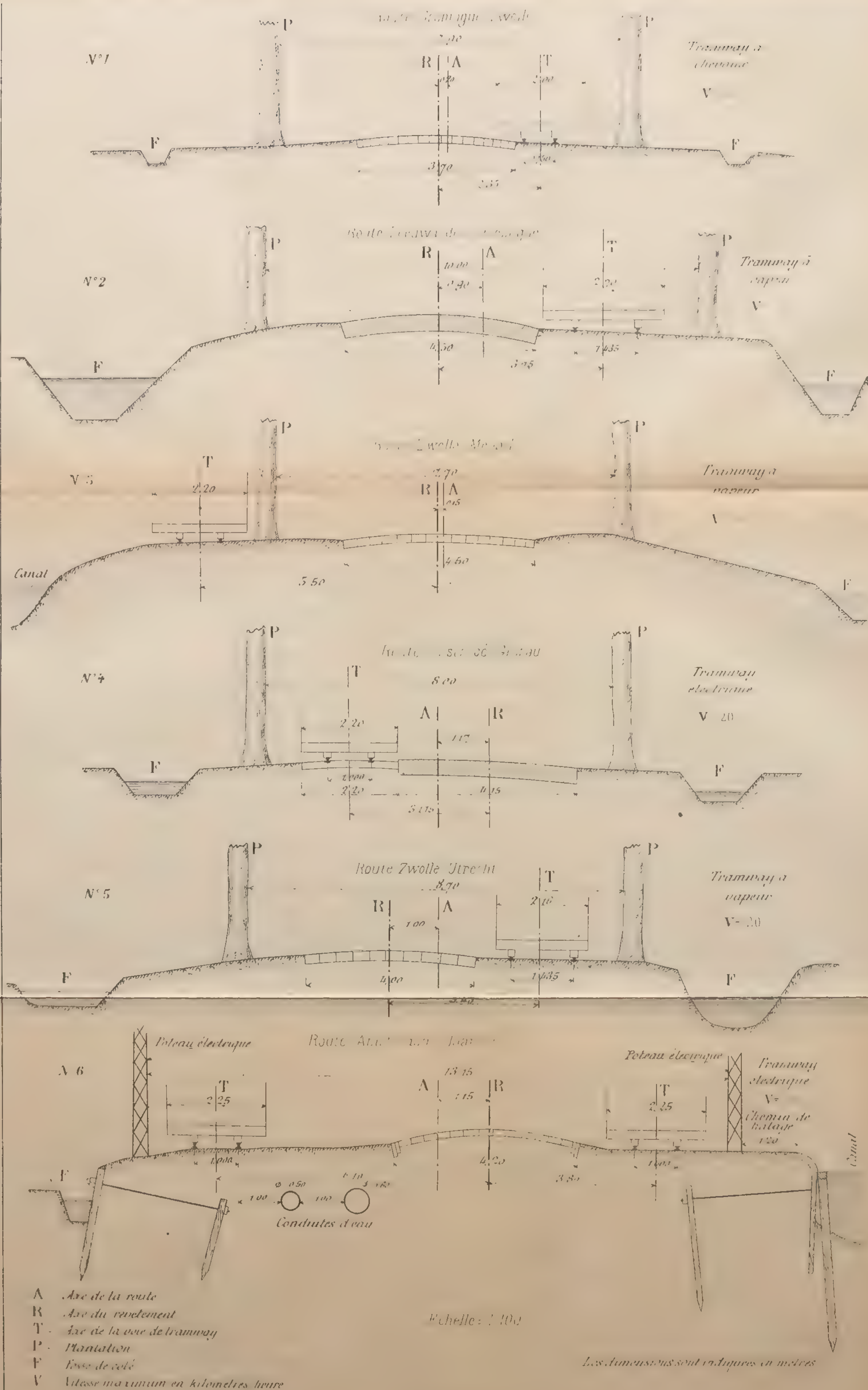
* Pour les parties de la ligne qui suivent ou côtoient une route publique, la vitesse maximum est généralement réduite à 20 km. par heure.

PROFILS EN TRAVERS

Grandes routes nationales, avec des tramways



Gelinck et Heyst. 3e q

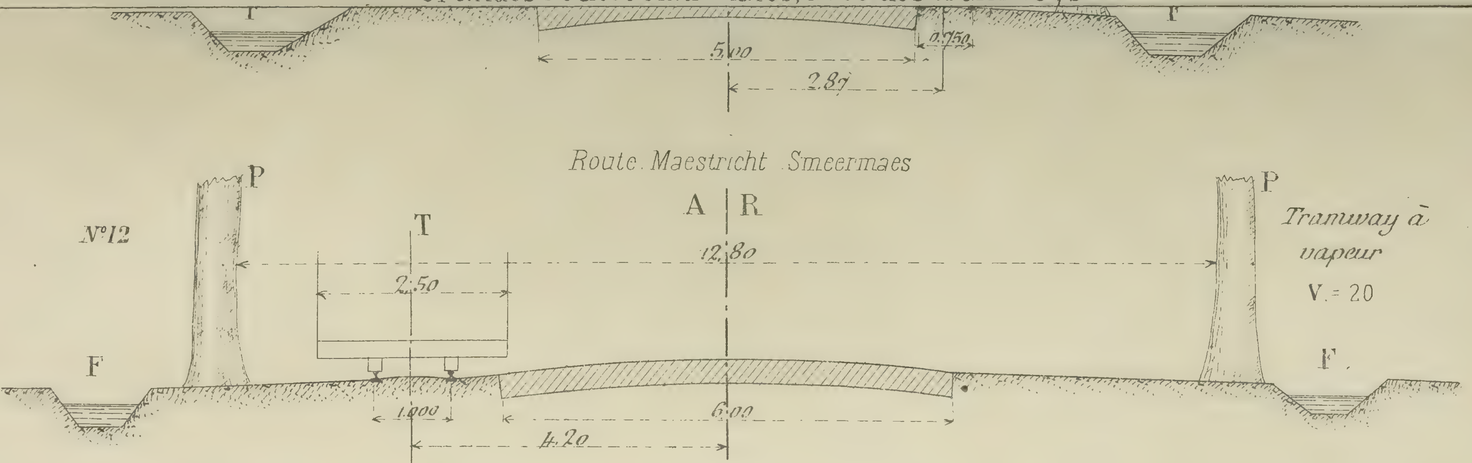


Nº1
Tramway à chevaux
Nº2
Tramway à vapeur
Canal
Tramway à vapeur
Nº4
Tramway électrique
Nº5
Route Zwolle Utrecht
Tramway à vapeur
Poteau électrique
Poteau électrique
Tramway électrique
Chemin de halage
Conduites d'eau
A Axe de la route
R Axe du revêtement
T Axe de la voie de tramway
P Plantation
F Fossé de côté
V Vitesse maximum en kilomètres heure
Les dimensions sont indiquées en mètres

Planche II.

Profils en travers

Grandes routes nationales, avec des tramways



Gelinck et Heyst, 3e q.

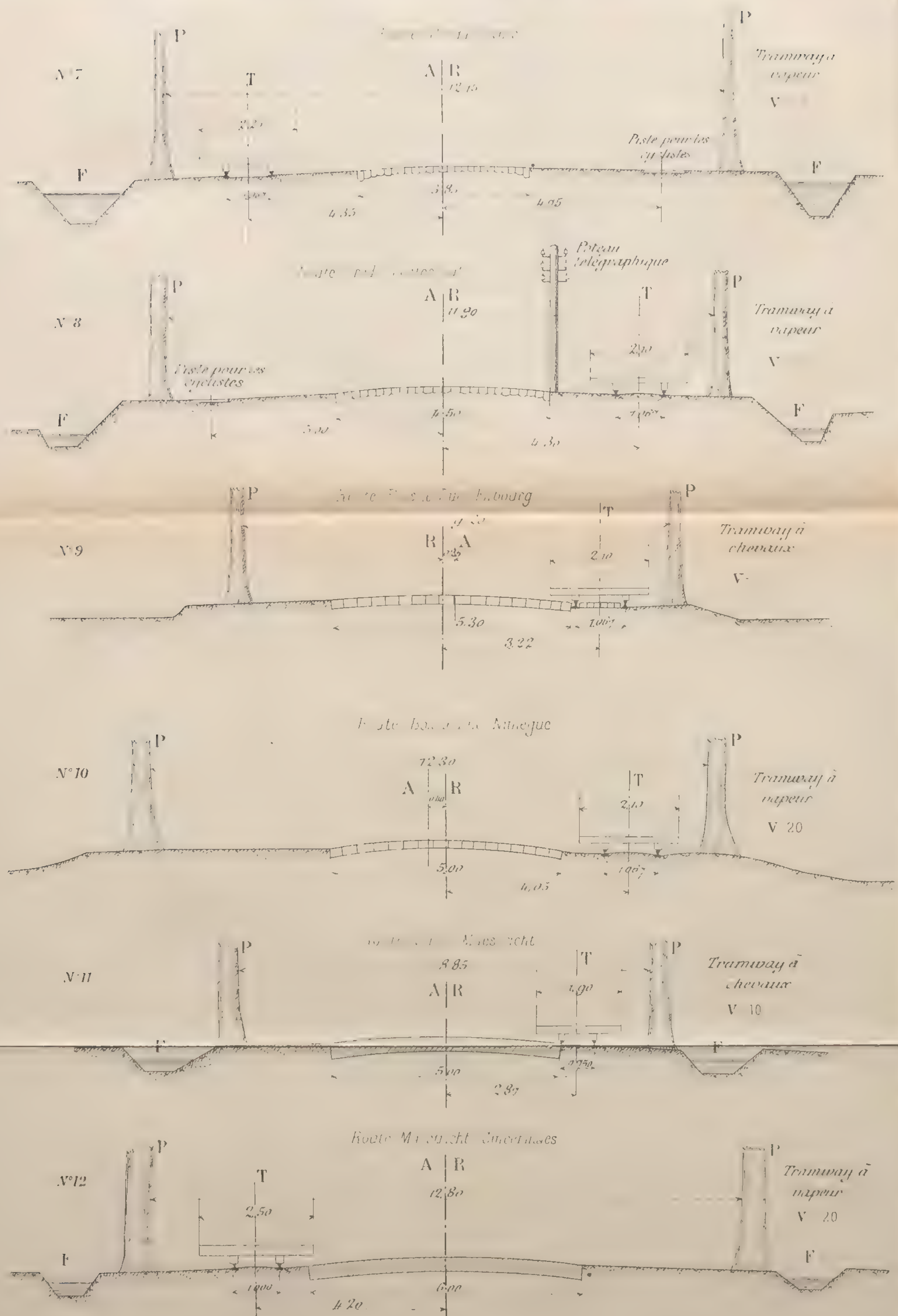


Planche II

Gelinck et Heyst, 3e q.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT
PAR

HÖPFNER
Stadtbaurat und Königlicher Baurat
Cassel

Vereinigung der Technischen Oberbeamten
Deutscher Städte

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

Nécessité ou utilité
Moyens employés — Prix de revient
Comparaison avec d'autres procédés

Au programme des débats du deuxième Congrès International de la Route qui doit se tenir à Bruxelles en 1910, figurent plusieurs questions se rapportant à la construction et à l'entretien des routes, et parmi elles, la quatrième concerne spécialement le nettoiement et l'arrosage des rues dans les grandes villes.

Les points de vue auxquels, d'après les décisions du Bureau Exécutif du Congrès, la question doit être examinée, sont relatifs à la nécessité ou à l'utilité du nettoiement et de l'arrosage, aux moyens généralement employés, aux prix de revient et à une comparaison des divers procédés en usage, quant aux résultats qui ont pu être atteints.

Il s'agit bien moins, pour répondre à la question posée, d'indiquer les procédés suivis dans les grandes villes et les résultats obtenus, que de faire connaître, dans un rapport circonstancié, les progrès les plus récents qui ont pu être accomplis et l'expérience acquise dans ce domaine. Il nous a néanmoins paru nécessaire, pour traiter le sujet, d'indiquer les méthodes en usage dans les villes d'une certaine importance, cette façon de procéder étant la seule qui permette de passer en revue ce qui se fait actuellement, d'analyser les avantages et les inconvénients des procédés suivis et d'en déduire les améliorations qu'il y aurait lieu d'introduire.

A cet effet, le Comité spécial de l'Association des Ingénieurs des Villes d'Allemagne, chargé d'étudier la quatrième question inscrite au programme du Congrès, a jugé indispensable, pour recueillir les données nécessaires à la rédaction de son rapport, d'adresser des questionnaires à toutes les villes de l'Allemagne comptant plus de 50 000 habitants. Pour ce qui est relatif au maintien des routes en état de propreté, le questionnaire a été scindé en deux parties, de façon à comprendre d'une part le nettoiement et d'autre part l'arrosage, et le chapitre du net-

toiement a été divisé à son tour, de manière à comprendre premièrement les procédés employés en temps ordinaire pour le nettoyage, et ensuite ceux qui sont en usage en hiver pour l'enlèvement des neiges et des glaces. Nous avons ainsi été amenés à adresser aux municipalités trois questionnaires distincts, dont nous joignons un exemplaire au présent rapport. La plupart des villes nous ont fait parvenir leur réponse, mais nous regrettons que plusieurs d'entre elles, et des plus importantes, n'aient pas encore fait droit à notre demande, et qu'à défaut de données précises au sujet de l'organisation du service de leur voirie, organisation qui, dans la plupart des cas, pourrait être prise comme modèle, les résultats que nous sommes à même de fournir ne soient pas exempts de lacunes et ne rendent pas exactement, aussi bien que nous l'aurions voulu, l'image de ce qui se passe en Allemagne. Etant donné, d'autre part, le délai fort limité imposé aux Rapporteurs pour remettre leur travail, et par suite l'impossibilité de mettre au point tous les éléments recueillis jusqu'ici, nous devons nous contenter, dans le présent rapport, de traiter d'une façon générale l'objet de la quatrième question, et nous nous proposons de faire connaître oralement, lors des séances du Congrès, les données numériques très importantes et très intéressantes qui s'y rattachent, en rectifiant, le cas échéant, les renseignements erronés que pourrait contenir notre travail.

I. La nécessité du nettoiement méthodique des routes et de leur arrosage dans les grandes villes s'impose tant dans l'intérêt du trafic que dans celui de l'hygiène ; point n'est besoin d'une justification plus complète, si l'on parvient à établir que cette nécessité répond aux mesures à prendre dans ce double but.

Nul doute évidemment que toute mesure propre à faciliter la circulation est prise dans un intérêt public ; mais le nettoiement et l'arrosage des routes doivent être effectués, en outre, dans l'intérêt général de l'hygiène publique ; il ne peut être question ici d'un intérêt de nature privée, le public dans toute sa masse étant intéressé à voir les routes en état de propreté et étant le premier à souffrir de toute négligence qui pourrait être commise à ce point de vue. Le nettoiement et l'arrosage des routes font donc partie du domaine de l'hygiène publique, et par conséquent les mesures à prendre, comme toutes celles qui sont du ressort de ce domaine, ne peuvent incomber à la mino-

rité et doivent être à charge de la généralité du public, c'est-à-dire, dans les villes, à charge de l'administration communale, et c'est pourquoi il y a lieu de poser comme première condition que, pour que le nettoiement des routes et leur arrosage soient convenablement faits, ce service doit être exécuté par les soins de la ville.

II. — Ceci étant dit, il va de soi que le nettoiement des routes et leur arrosage sont non seulement utiles, mais même indispensables dans toute agglomération, et notamment dans les villes où la circulation est intense ; l'opportunité des mesures à prendre pour satisfaire à cette nécessité ne peut donc être discutée qu'en tant qu'il s'agit du mode de nettoiement et d'arrosage le plus propice au point de vue économique et hygiénique. Mais une municipalité a un grand nombre de services à sa charge et il ne peut s'agir pour l'un d'eux seulement, celui du nettoiement et de l'arrosage des rues, d'adopter une organisation parfaite sans se préoccuper de la question des dépenses ; toute municipalité doit plutôt avoir à cœur de prendre, dans tous les services qui sont du ressort de son administration, les dispositions voulues pour faire face à toutes les nécessités et trouver le moyen de couvrir les dépenses. Les efforts à faire dans ce sens doivent se traduire pour tous les services, et par suite aussi pour celui du nettoiement et de l'arrosage des routes, par des crédits à inscrire au budget et, afin de ne pas dépasser le montant de la somme allouée, la préoccupation du fonctionnaire chargé du service de la voirie doit consister à trouver et à appliquer des procédés qui conduisent au coût minimum tout en donnant les meilleurs résultats. Il faut entendre ici par meilleur résultat celui que la situation financière de la ville permet d'atteindre, et l'on peut donc poser, en principe, que l'on ne peut, en général, émettre un nombre maximum de prétentions quant aux résultats à atteindre, et qu'il faut plutôt s'en tenir pour les exigences à un nombre donné minimum.

III. — Il faut que ce nombre minimum de revendications réponde à toutes les exigences de l'hygiène et du trafic, en tenant compte dans chaque localité des conditions qui la régissent ; ainsi, nul ne pourrait exiger que des procédés qui paraissent justifiés et indispensables pour une capitale comme Berlin, soient également appliqués sans distinction dans toute ville de province ne comptant que 50 000 habitants. Les efforts doivent

principalement tendre ici, comme du reste dans tous les domaines qui se rapportent à l'hygiène publique, à préserver autant que possible les agglomérations des dangers qui peuvent naître au point de vue sanitaire ; ici, ces dangers sont notamment suscités par la poussière soulevée sur les routes, et la lutte à entreprendre pour la combattre doit être la première des obligations incombant dans les villes au service du nettoiement et de l'arrosage. Il s'agit surtout, dans la question qui nous occupe, d'écarter les causes qui donnent naissance à la poussière, à cet élément nuisible, et l'on est ainsi amené à analyser succinctement les rapports qui existent entre la construction et l'entretien des routes, d'une part, et leur nettoiement, d'autre part. Il sera d'autant plus facile de maintenir les routes en état de propreté que le revêtement de leur voie carrossable sera plus résistant et que leur surface se prêtera moins à la formation de la poussière. Comme source principale de production de poussière, il convient toutefois de citer précisément les chaussées empierrées, ainsi que les places publiques et les trottoirs recouverts par du gravier ou des matériaux que le charroi peut facilement désagréger. Les efforts d'une municipalité doivent donc tendre à faire disparaître, autant que possible, les surfaces de cette nature, c'est-à-dire à consolider la surface de ces parties de la voie, de manière à éviter la formation de la poussière, soit en recourant à un système de revêtement continu sans joints, soit en procédant au remplissage des joints des matériaux au moyen d'un coulis, ou encore en adoptant un système en vigueur depuis quelque temps, c'est-à-dire en employant des liants tels que le goudron, la Westrumite, etc., pour rendre la chaussée plus résistante à l'usure, et, de ce fait, également moins propre à la production de la poussière. Il peut donc encore être posé en principe que les crédits dont on dispose annuellement pour la voirie doivent être répartis, après examen judicieux, entre les services de la construction et de l'entretien des routes, d'une part, et celui du nettoiement des routes, d'autre part, de manière que non seulement l'entretien des routes soit assuré au point de vue de la construction seule, mais encore que leur maintien en état de propreté soit obtenu au bout de quelque temps avec un minimum de dépenses.

IV. — Les dépenses occasionnées par le nettoiement et par l'arrosage des routes sont en rapport avec la nature du revête-

ment de la voie ; elles varient ensuite avec le nombre de fois que l'on procède à leur nettoiement dans les villes et selon que ce travail est pratiqué de jour ou de nuit. L'abondance des nettoyages est une question de nature locale ; toute artère doit, suivant l'intensité de la circulation, être nettoyée le nombre de fois voulu, pour que les conditions que l'on croit devoir réaliser dans l'intérêt de l'hygiène et du trafic se maintiennent d'une façon permanente ; il existera donc, dans toute localité, des artères ne devant, par exemple, être nettoyées que deux fois par semaine, tandis que d'autres devront l'être à fond au moins une fois par jour, pour satisfaire à ces conditions. L'époque de la journée à laquelle il est procédé au nettoyage varie également, surtout avec les conditions dans lesquelles s'exerce le trafic. On peut dire, d'une façon tout à fait générale, que le nettoiement de jour est mieux effectué et moins coûteux que le travail de nuit, et, à ce point de vue, il conviendrait de ne réaliser que de jour le nettoiement des routes lorsque l'intensité de la circulation ne s'y oppose pas. Mais il importe de tenir compte d'un second facteur, celui de l'enlèvement de la poussière, qu'il est à peine possible d'éviter complètement dans certaines circonstances. Si, même exceptionnellement, en temps de sécheresse, on procède, préalablement au passage des balayeuses, à un arrosage de la voie charretière, cette opération ne peut être accomplie assez abondamment pour que tout soulèvement de poussière puisse être évité ; il faudrait pour cela, comme pour les pavages en asphalte, en bois et à revêtement au ciment, que les routes soient nettoyées non pas par un balayage, mais par un lavage à grande eau. On sait, en effet, que si l'arrosage est poussé trop loin, le nettoiement peut difficilement se faire à l'aide de balayeuses. Afin de réduire au minimum les inconvénients qui en résultent pour les passants, on peut donc poser en principe que toute route doit être nettoyée de jour ou de nuit aussi souvent que l'exigent les conditions locales et l'intensité de la circulation.

V. — Ce qui vient d'être dit se rapporte, en général, aux voies charretières dont le revêtement n'est pas dépourvu de joints. Pour les revêtements continus, sans joints, la marche à suivre est différente, en ce sens que le service doit comporter, outre le nettoiement et l'arrosage, les mesures à prendre pour que, notamment en cas de pluies, la circulation puisse se faire

en toute sécurité. Mais cet objet sort du cadre de la question qui nous occupe, et il suffit d'en faire simplement mention. Abstraction faite de l'enlèvement des neiges et des glaces, il convient, par contre, de signaler un point qui a son importance en temps de gelée. Il n'est pas possible, à ces époques, de procéder, préalablement au nettoiement, à l'arrosage d'une route afin d'éviter le soulèvement de la poussière, et les villes sont rares où l'on cherche à remédier à cet inconvénient en mélangeant à l'eau des substances empêchant sa congélation. Le plus souvent, le nettoiement à l'aide d'appareils mécaniques cesse lorsque le temps est à la gelée et que la route n'est pas couverte de neige ; le service du nettoiement se borne alors à l'enlèvement grossier des immondices. Lorsque les conditions de la circulation le permettent, il serait à recommander toutefois de continuer à procéder la nuit, c'est-à-dire lorsque le soulèvement de la poussière cause relativement peu d'inconvénients, au nettoiement régulier de la route, étant donné que tout coup de vent se produisant dans la journée, au moment où la circulation est la plus intense, soulève des nuages de poussière qui incommodent les passants et peuvent être dangereux au point de vue sanitaire.

VI. — Il a été question à différentes reprises, dans les paragraphes qui précèdent, des ressources nécessaires pour effectuer le service du nettoiement des routes dans de bonnes conditions ; nous ferons, à cet égard encore, la remarque suivante : un des moyens indispensables à cet effet est de disposer de ressources suffisantes en eau ; dans le système qui consiste à procéder au lavage des chaussées à grande eau et à en enlever la boue en dirigeant celle-ci vers les bouches d'égouts, l'eau est employée non seulement pour préserver contre la poussière, mais elle joue encore le rôle de moyen véhiculatoire. Le lavage des chaussées se pratique notamment lorsque leur revêtement ne comporte pas de joints ou lorsque les joints du pavage sont fermés par un coulis ; ce genre d'enlèvement des boues avec évacuation dans les égouts n'est guère cependant en usage en Allemagne parce qu'il exige une dépense importante en eau, et qu'il est évidemment moins onéreux de charger les boues sur des tombereaux pour les enlever de la route que de les évacuer par la voie des égouts pour les en retirer à nouveau au moyen d'installations coûteuses avant que les eaux usées ne

débouchent à l'aval dans un cours d'eau naturel. Pour opérer le lavage des routes, on emploie des appareils mécaniques de formes très diverses, qui comportent toutefois tous un réservoir monté sur un véhicule pour arroser le revêtement de la route, et des rouleaux en caoutchouc de construction spéciale pour l'entraînement des boues liquides vers le ruisseau. On emploie, au surplus, pour le nettoiement des rues, des balayeuses différant également beaucoup entre elles. Des véhicules comprenant simultanément les mécanismes nécessaires à l'arrosage, au balayage et au chargement des boues et immondices, ne semblent pas avoir donné les résultats voulus ; ce sont les balayeuses mécaniques avec réservoir à eau qui sont d'un usage le plus courant. Mais cette disposition n'est pas non plus considérée comme pratique par tous les gens du métier, parce qu'il a été reconnu nécessaire de faire varier, suivant les conditions de l'atmosphère, le délai qui s'écoule entre le moment de l'arrosage et celui du balayage. Pour les trottoirs, le nettoiement est opéré le plus souvent à bras d'homme, et dans ce but l'on se sert surtout du balai Piazzava. Pour le lavage des trottoirs, il est fait usage soit de tonnes d'arrosage à bras, soit de seaux. Il convient également d'employer, pour les trottoirs dont le revêtement ne comporte pas de joints, des racloirs en caoutchouc à la façon de ce qui se pratiquait exclusivement avant l'introduction des laveuses mécaniques ; c'est la méthode encore fréquemment suivie aujourd'hui pour les voies charretières à revêtement continu et sans joints. Pour le nettoiement des chaussées empierrées, on fait également usage d'appareils mécaniques pour le lavage et l'entraînement des boues, mais l'emploi de plus en plus répandu de goudron et d'autres liants dans la constitution des chaussées a conduit à améliorer l'état de celles-ci au point qu'un travail exécuté avec les balayeuses mécaniques peut suffire ; il convient, lorsqu'il en est ainsi, de bien tenir compte des conditions atmosphériques ou de faire usage ici encore, pour humecter les poussières dans les limites que commande le travail du nettoiement, de tonnes d'arrosage. En fait de petit outillage, il y a lieu de citer également des appareils ayant la forme de râteaux pour extraire les immondices des joints de dalles juxtaposées en ciment, notamment à la fin de l'hiver, puis des espèces de tenailles pour ramasser les papiers jetés sur la voie, et enfin les corbeilles à papier.

Lorsque le nettoiement de nuit est de règle, les détritus recueil-

lis lors du nettoiement de jour qui doit compléter celui de nuit dans les artères les plus fréquentées, sont versés tout d'abord dans des fosses établies en des endroits propices sous les trottoirs. La vidange de ces fosses se fait la nuit ; leur contenu est emporté avec les immondices ramassées lorsque s'opère au même moment le nettoiement principal de l'artère. Le chargement des immondices est fait actuellement encore, à peu d'exceptions près, sur des chariots traînés par des chevaux ; ces véhicules sont de types très différents. Les produits du nettoiement étant soumis à un arrosage avant d'être ramassés, s'ils n'ont pas déjà été détrempés par la pluie, leur chargement ne provoque pas de dégagement de poussière ; à ce dernier point de vue, il n'est donc pas nécessaire de transporter les immondices dans des chariots fermés, et si on le fait, ce ne peut être que par esthétique.

VII. — Une question intimement liée à celle du nettoiement des routes, est celle du sort que reçoivent les immondices. Celles-ci comprennent, en majeure partie, du crottin de cheval et des particules de sable, ce qui leur donne une certaine valeur comme engrais, et telle est dans la plupart des cas leur destination. A ce point de vue, il paraît peu propice de charger les immondices des rues en même temps que les ordures ménagères ; celles-ci renferment une quantité de matériaux, tels que tessons de poteries de tous genres, boîtes de fer-blanc et autres, qui, sans triage préalable, ce triage fût-il même superficiel, rendent les détritus inutilisables comme engrais. Quelquefois, les immondices de la rue peuvent être employées avec succès après avoir été mélangées aux produits résultant de la décantation appliquée à l'épuration des eaux d'égouts. Ce mélange donne, après évaporation suffisante de l'eau contenue dans la masse, un engrais qui peut être chargé sur véhicule et est très recherché dans les campagnes. Les immondices servent, dans d'autres localités, à combler des bas-fonds, lorsqu'elles ne sont pas utilisées comme engrais.

VIII. — Ce qui a été dit jusqu'ici se rapporte au nettoiement des rues tel qu'il se pratique en temps ordinaire, et il y aurait lieu d'y ajouter quelques mots concernant l'enlèvement des neiges et des glaces dans les agglomérations. On considère, en règle générale, comme une obligation des municipalités, l'enlèvement des neiges qui couvrent les voies charretières dans les

villes, et il en est de même pour l'enlèvement des neiges des trottoirs, après amoncellement de celles-ci sur la chaussée par les soins des riverains. Pour mettre les neiges en tas, on fait usage de chasse-neiges de types très divers, de traîneaux, de raclettes et même de simples balayeuses, lorsque la couche de neige tombée est peu épaisse. Pour les trottoirs, l'enlèvement des neiges est une charge qui ne pourrait être convenablement remplie par les municipalités et qui est imposée presque partout aux riverains. Les règlements de police prescrivent d'ordinaire l'heure de la journée à laquelle les neiges des trottoirs doivent se trouver enlevées ; cette mesure paraît entièrement justifiée dans l'intérêt de la circulatiou. Les riverains étant astreints à cette obligation, il y a, en général, autant d'obligataires que de propriétés riveraines ; si, au contraire, la charge d'enlever les neiges et les glaces incombait aux municipalités, celles-ci, notamment au début de l'hiver, lorsque d'autres travaux peuvent encore devoir être achevés, ne seraient pas en état de trouver assez promptement le nombre de bras voulus pour que ce travail puisse se faire dans le délai prescrit par les règlements de police, à moins de réquisitionner le nombre nécessaire d'ouvriers, ce qui paraît être le cas pour certaines villes. Aussi, dans les agglomérations où, en vertu d'une décision spéciale de l'autorité communale, les propriétaires peuvent être libérés de cette charge, la police réquisitionne-t-elle le nombre de citoyens voulu pour être à même d'exécuter le travail, et ne s'adresse-t-elle pas à la municipalité. Mais il y a lieu de noter qu'en général, malgré le désir de voir supporter la totalité du travail de l'enlèvement des neiges et des glaces par la communauté des habitants, ce but ne saurait être atteint par suite des inconvénients signalés et inhérents à la nature même du travail, en ce qui concerne le nettoiement des trottoirs. L'enlèvement des neiges s'opère exceptionnellement à l'aide de tombereaux attelés de chevaux ; les neiges sont déposées alors en des endroits convenables pour être abandonnées à l'action des intempéries de l'atmosphère, ou bien on les transporte pour les déverser dans un cours d'eau voisin. Lorsque ce dernier procédé ne peut être adopté, on enlève souvent les neiges par la voie des égouts, ce qui ne peut présenter aucun inconvénient si l'on choisit à cet effet des égouts alimentés par une quantité d'eau suffisante pour que les neiges soient emportées, ou si, pour éviter des obstructions et faciliter l'écoulement des

neiges, on alimente directement les égouts à l'aide des eaux de la ville, ou encore si l'on a soin de munir les bouches d'égout de grilles métalliques dont les barreaux empêchent les neiges de passer en trop grandes mottes et d'obstruer les conduites.

Un autre travail qui s'impose en temps de gelée pour garantir la sécurité de la circulation, est de rendre le pavé moins glissant en temps de verglas. A cet effet, on répand le plus souvent du sable fin ou encore des cendres ou de la sciure de bois, ce qui toutefois est moins recommandable. Ce qui convient le mieux, c'est la cendrée, qui, étant donnée la rugosité de ses particules, permet déjà, par un très faible épandage, de donner une grande sécurité à la circulation. Pour rendre rapidement de grandes surfaces peu glissantes, par exemple des champs de manœuvres sur lesquels doivent avoir lieu des parades, on fait usage, dans beaucoup de villes, de chariots avec distributeurs de sable, manœuvrés à bras ou traînés par des chevaux, et dont le fonctionnement consiste à faire tomber le sable sur un disque tournant à nervures, mû par le déplacement du véhicule, et qui lance le sable au loin. Un autre moyen pour faire rapidement disparaître le verglas, consiste à approvisionner les matériaux à épandre en des points convenablement répartis de la route, et à régler d'avance la manière dont il sera procédé au sablage au moment opportun.

IX. — La question dont nous nous occupons comprend le nettoiement des routes ainsi que leur arrosage, et nous avons déjà dit à plusieurs reprises que la dernière de ces opérations était inséparable de la première. En Allemagne, l'arrosage a exclusivement pour effet d'empêcher le soulèvement des poussières en les mouillant et en les fixant ainsi au sol. Si donc il n'existe pas de poussière, l'arrosage considéré au point de vue que nous venons de préciser ne peut avoir aucun but. L'arrosage est donc, à vrai dire, un palliatif pour le cas où le nettoiement de la route laisserait à désirer, soit que l'intensité du trafic rende impossible un nettoyage aussi fréquent et aussi radical qu'il le faudrait pour combattre la poussière, soit que le nettoiement proprement dit de la route soit effectué dans de mauvaises conditions. Les dépenses auxquelles l'arrosage donne lieu pourront donc être réduites si, comme il a été dit précédemment, la source de production de la poussière est écartée. Dans les localités où les chaussées empierrées abondent encore,

ainsi que les places et accotements dont le pavage se compose de matériaux non agglomérés, il conviendrait, en première ligne, de maintenir constamment au moyen d'arrosages ces surfaces dans un état tel que le vent ne puisse y soulever de poussière. En d'autres termes, il faut surtout veiller à l'arrosage des routes dans les parties qui viennent d'être désignées, et ici encore, comme dans le cas du nettoiement des routes, la dépense provoquée par l'arrosage d'une surface sera d'autant moindre, à conditions égales, que les matériaux dont se compose son revêtement auront plus de résistance. Une nouvelle ère a commencé pour les routes depuis l'apparition de plus en plus fréquente d'automobiles de tous genres. Les véhicules de cette catégorie donnent non seulement naissance à une plus forte usure du revêtement des chaussées, et par suite à une plus grande production de poussière que d'autres véhicules plus légers, mais ils soulèvent encore la poussière en tourbillons plus épais en raison de leur plus grande vitesse. Ces inconvénients se produisent naturellement à un degré maximum sur les routes empierrées, et comme celles-ci disparaissent de plus en plus de la banlieue des villes, la question de la circulation des automobiles a moins d'importance pour les agglomérations que pour les campagnes. Les constatations faites depuis que circulent les automobiles ont conduit à étudier une question à laquelle s'intéresse le Congrès de la Route, celle des moyens à employer dans la lutte contre la poussière, et l'Association des Ingénieurs des communes d'Allemagne a également examiné ce sujet lors de sa dernière assemblée tenue à Zurich. Les rapports qui en rendent compte ont paru dans le « Technisches Gemeindeblatt », nos 17 et 18 de l'année 1909, et il en ressort que c'est précisément dans cet ordre d'idées que les municipalités n'ont entrepris jusqu'ici que de rares essais isolés, et qu'en réalité, il n'existe pas encore d'expériences que l'on puisse faire connaître en détail.

Les voitures de tramways exercent, au point de vue du soulèvement de la poussière, une action analogue à celle des automobiles, et comme le nettoiement de la voie ferrée incombe en général aux compagnies exploitantes, celles-ci ont également à leur charge, dans la plupart des agglomérations, l'arrosage des routes empierrées que parcourent leurs véhicules. Dans les localités où l'arrosage du corps de la chaussée doit être effectué par la compagnie, de même que dans les villes où l'exploitation

des tramways est faite par la municipalité, on utilise quelquefois des tonnes d'arrosage montées sur des trains de roues qui sont mues à l'électricité ou à la vapeur, et qui circulent sur la voie du tramway. Mais c'est là actuellement une exception, de même que les automobiles arroseuses en usage dans certaines agglomérations ; en général, on emploie exclusivement des tonnes d'arrosage traînées par des chevaux, et dans certains cas des tonneaux d'arrosage à bras, analogues à ceux qui sont utilisés par exemple dans les parcs et pour les trottoirs, etc. Il resterait à signaler que, dans certaines villes, et notamment dans les agglomérations possédant encore d'assez nombreuses routes empierrées, l'arrosage se pratique à la lance, dont on adapte directement le tuyau à la canalisation de la ville.

X. — Pour terminer, donnons encore quelques indications sur l'organisation du service de nettoiement. En général, les municipalités qui ont à leur charge le nettoiement des routes dans toute l'acception du mot, embauchent les ouvriers en régie et ont en réserve les véhicules, l'outillage et les accessoires nécessaires. Il n'y a que la façon de se procurer les bêtes d'attelage qui diffère ; certaines municipalités ont leur propre cavalerie, d'autres s'assurent les forces animales nécessaires par contrat avec un entrepreneur. Les inconvénients qui se rattachent à ce dernier système ont toutefois conduit certaines municipalités à se procurer également les chevaux et à effectuer aussi en régie le service de la conduite des attelages ; ce procédé paraît justifié, en général, et recommandable tant au point de vue de la marche de l'exploitation qu'au point de vue de la dépense. Les municipalités qui occupent leurs ouvriers en régie ont à cœur de faire à ceux-ci une situation qui réponde, sous tous les rapports, aux conditions sociales en vigueur. Il y a lieu de noter tout spécialement la sollicitude des administrations pour les ouvriers en cas de maladie ou d'invalidité et les efforts déployés pour qu'ils s'abstiennent de boissons spiritueuses ; ce dernier résultat est atteint le plus efficacement en mettant du café sucré gratuitement et à satiété à la disposition des ouvriers, et cela à tout moment de la journée, même avant d'entamer le travail. Cette mesure, quelque insignifiante qu'elle puisse paraître, est propre à contribuer au bien-être des travailleurs et à profiter également aux intérêts des municipalités qui les occupent. Il est à recommander également, pour la bonne discipline et dans

un sentiment de bienveillance, ainsi qu'en vue d'une tenue convenable des ouvriers dans l'exercice de leur travail, de leur procurer à titre gratuit les vêtements qui leur sont nécessaires ; il y aura toujours profit, en outre, à s'intéresser même aux conditions de leur vie privée et à intervenir, le cas échéant, à temps pour les empêcher de tomber dans le besoin. Bien que le mode d'organisation du service de nettoiement varie actuellement encore d'une localité à l'autre dans les villes allemandes, il y a lieu de prévoir qu'insensiblement toutes les municipalités se rallieront au procédé que nous venons d'esquisser et qui est propre à avantager les deux parties, tant au point de vue économique qu'au point de vue social.

Nous avons passé en revue, dans ce qui précède, les considérations dont il doit être tenu compte dans la question du nettoiement des routes et de leur arrosage dans les grandes villes. Nous avons déjà dit, au commencement de notre rapport, qu'il nous était impossible de formuler à l'appui de ces considérations les données numériques et autres que doivent nous fournir les municipalités ; le Comité spécial de notre Association aura soin de compléter ce premier travail d'ici à la date du Congrès, et de rassembler les nombreux éléments qui lui auront été transmis par les villes allemandes de plus de 50 000 habitants, et qui seront soumis au Congrès sous une forme telle que, selon toute prévision, il pourra en résulter, pour ce qui concerne la question posée, un réel éclaircissement, notamment au point de vue financier, pour les municipalités intéressées.

HÖPFNER,
Stadtbaurat und Königlicher Baurat

AU NOM DE LA

" Vereinigung der Technischen Oberbeamten Deutscher Städte "
I. A.

Stadtbaurat STEUERNAGEL,
Königlicher Baurat.

(Trad. FAIRON).

QUESTIONNAIRE

pour la Ville de ....

CONCERNANT

LE

Nettoiement des Routes

Nombre d'habitants le 1. 4. 1909 :

(en chiffres ronds) : ....

~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

...., *le*.................. *Décembre* 1909

Signature : ....

Titres et qualité : ....
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~

QUESTIONS			Voies charretières (sans		
			A REVÊTEMENT RÉSISTANT		
			Asphalte.	Pavage en bois.	Macadam au ciment, revêtement en béton, etc.
I. — Quelle est la superficie en mètres carrés des voies charretières dans toute l'étendue de la ville ?					
II. — A qui incombe le nettoiement des routes ?					
III. — A quel moment procède-t-on au nettoiement des routes ?	a) Nettoiement principal.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
	b) Nettoiement complémentaire.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
IV. — Combien de fois procède-t-on au nettoiement des routes ?	a) Nettoiement principal.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
	b) Nettoiement complémentaire.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
V. — Comment effectue-t-on le nettoiement des routes ? A bras, ou au moyen d'appareils mécaniques par lavage, balayage, arrosage, etc. ?	a) Nettoiement principal.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
	b) Nettoiement complémentaire.	1. Routes de grande voirie.			
		2. Autres routes.			
VI. — De quel outillage spécial ou de quels appareils mécaniques fait-on usage ? (Automobiles ?)					
VII. — Qu'emploie-t-on pour l'arrosage avant le nettoiement afin d'éviter le soulèvement de poussière ?	1. Nettoiement principal.				
	2. Nettoiement complémentaire.				
VIII. — Comment cherche-t-on à éviter le soulèvement de poussière en temps de gelée ?	1. Nettoiement principal.				
	2. Nettoiement complémentaire.				
IX. — Quelle est la superficie totale qui a été soumise au nettoiement pendant l'exercice 1908 ?					
X. — Coût du nettoiement annuel par mètre carré de surface effective nettoyée ?					

les trottoirs).		Trottoirs.		Places publiques (Marchés, etc.)	Allées réservées aux cavaliers.	OBSERVATIONS.
Pavage en pavés artificiels ou naturels.	Empierrements y compris le tarmacadam.	à revêtement résistant.	de gravier, de pierraille, goudronnés.			

QUESTIONS		RÉPONSES
XI. — A qui incombe le transport des produits du nettoiement?		
XII. — Quelles sont les dispositions en vigueur pour l'enlèvement des immondices (Système de tombereaux, fosses pour les immondices recueillies pendant la journée, lieux de dépôt, etc.?)		
XIII. — Quelles sont les quantités d'immondices recueillies pendant l'exercice 1908?	1° Au total : 2° Par tête d'habitant*; 3° Par m² de surface nettoyée.	
XIV. — Quelle est la destination des immondices?		
XV. — A combien s'élèvent les dépenses du nettoiement y compris l'enlèvement, des immondices pendant l'exercice 1908?	1° Au total : 2° Par tête d'habitant*; 3° Par m² de surface effective nettoyée.	
XVI. — Les dépenses sont-elles couvertes en partie par des louageurs et dans quelle proportion? Les Compagnies de tramways et les concessionnaires de nouvelles rues interviennent-ils?		
XVII. — Quelle a été la recette totale pour le service du nettoiement en 1908?		
XVIII. — Quelles sont les prescriptions en vigueur pour maintenir les routes en état de propreté?		
XIX. — A qui incombe le nettoiement des voies de tramways?		
XX. — Quels sont les travaux qui s'exécutent simultanément avec ceux du nettoiement proprement dit des routes et dont le coût est compris dans les chiffres de dépenses indiquées, par exemple l'entretien des routes, le nettoyage des urinoirs, l'enlèvement des eaux de pluie stagnantes, nettoyage des ruisseaux, des réverbères, etc.		

* Ne répondre que si le nettoiement se rapporte à la totalité des artères de la Ville.

QUESTIONS	RÉPONSES
XXI. — Lorsque le nettoiement des routes incombe aux riverains, quelles sont les conditions auxquelles la ville entreprend ce travail?	
XXII. — Comment les responsabilités sont-elles mises à couvert?	
XXIII. — Quelle est l'organisation de l'ensemble du service de nettoiement; le travail se fait-il en régie ou par contrat avec des entrepreneurs; les chevaux, les tombereaux et l'outillage appartiennent-ils à la municipalité?	
XXIV. — Quels sont les autres renseignements qui pourraient être utiles:	
1° En ce qui concerne éventuellement un procédé spécial appliqué par la municipalité;	
2° En ce qui concerne les divers genres de revêtement des routes;	
3° En ce qui concerne le mode d'approvisionnement en eau;	
4° En ce qui concerne l'utilité ou la nécessité du nettoiement des routes?	
XXV. — Quels sont les résultats des dispositions en vigueur et n'a-t-on pas en vue de leur apporter des changements?	
XXVI. — Quelles sont, abstraction faite de l'avantage du maintien en état de propreté du sol, de l'air et de l'eau, les raisons hygiéniques qui militent en faveur d'un nettoiement bien ordonné des routes et de l'enlèvement des immondices?	

QUESTIONNAIRE

pour la Ville de ....

CONCERNANT

l'Enlèvement des Neiges

Nombre d'habitants le 1. 4. 1909 :

(en chiffres ronds) : ....

...., *le*.................... *Décembre* 1909

Signature : ....

Titres et qualité : ....

I. — A qui incombent l'enlèvement des neiges et des glaces et le sablage?		Neiges et glaces.	Sablage.
1° Des voies charretières (sans les trottoirs).	Asphalte.		
	Pavage en bois.		
	Macadam au ciment, revêtement en béton, etc.		
	Pavage en pavés naturels ou artificiels.		
	Chaussées empierrées y compris le tarmacadam.		
2° Des trottoirs.	Trottoirs à revêtement résistant.		
	Trottoirs { de pierraille / de gravier / goudronnés.		
	Places publiques (marchés, etc.).		
	Allées pour cavaliers.		
	Voies de tramways.		
II. — Comment effectue-t-on l'enlèvement des neiges et des glaces? (Par le transport au loin, par la voie des égouts, etc.).			
III. — Quels sont les moyens permis pour combattre le verglas?			
IV. — Quels sont les appareils mécaniques ou autres en usage?			
V. — Quelle est la dépense à laquelle l'enlèvement des neiges et des glaces a donné lieu en 1908?	1° Au total :		
	2° Par tête d'habitant*.		
	3° Par m² de surface dont la neige a été enlevée.		
VI. — Quelles sont les quantités de neiges tombées en 1908. (Hauteur en cms.).			
VII. — Les salaires des ouvriers permanents employés par le service de la voirie sont-ils compris dans la dépense reprise sous le N° V ci-dessus et relative à l'enlèvement des neiges et des glaces et au sablage?			
VIII. — Lorsque l'enlèvement des neiges et des glaces incombe aux riverains, à quelles conditions la ville entreprend-elle le travail?			
IX. — Comment les responsabilités sont-elles mises à couvert?			

* Ne répondre que si l'enlèvement des neiges se rapporte à la totalité des artères de la Ville.

QUESTIONNAIRE

pour la Ville de ....

CONCERNANT

l'Arrosage des Routes

Nombre d'habitants le 1. 4. 1909 :

(en chiffres ronds) : ....

..................................., *le* .... *décembre* 1909

Signature : ....

Titres et qualité: ....

QUESTIONS			Voies charretières		
			A REVÊTEMENT RÉSISTANT		
			Asphalte.	Pavage en bois.	Macadam au ciment, revêtement en béton, etc.
I. — Quelle est la superficie totale des artères de la ville, en m²?					
II. — A qui incombe l'arrosage des routes, abstraction faite de l'arrosage qui précède le nettoiement?					
III. — A quelles époques effectue-t-on l'arrosage des routes?					
IV. — Combien de fois procède-t-on à l'arrosage des routes?	Dans les artères principales.	Par jour d'arrosage.			
		Dans le courant d'une année.			
	Dans les artères secondaires.	Par jour d'arrosage.			
		Dans le courant d'une année.			
V. — Comment pratique-t-on l'arrosage des routes? (A l'aide d'arrosoirs, de tonneaux à bras, de tonnes d'arrosage [à chevaux ou à moteurs] ou directement à la lance?)					
VI. — Quels sont les appareils mécaniques en usage? (Automobiles, véhicules à moteur circulant sur des voies de tramways). Leur nombre?					
VII. — De quelles substances se sert-on pour l'arrosage? (Eau de la canalisation, eau de rivière, mélanges, huiles, etc.).					
VIII. — Quelle a été, en 1908, la superficie totale soumise à l'arrosage?					
IX. — A combien se sont montées les dépenses pour l'arrosage des routes en 1908?	Au total.				
	Par tête d'habitant*				
	Par m² de surface effective arrosée.				

* Ne répondre que si l'arrosage se rapporte à la superficie totale des artères de la ville.

(sans trottoirs)		Trottoirs		Allées pour cavaliers	Places publiques (marchés, etc.)	Observations
Pavage en pavés naturels ou artificiels	Chaussées empierrées y compris le tarmacadam	A revêtement résistant	De pierraille, de gravier, goudronnés			

X. — Quelle est l'importance des quantités de substances employées pour l'arrosage et quelle a été la dépense au kilogramme, au mètre cube, etc. ?		Désignation plus complète de la substance employée.	Prix de revient de la substance par mètre cube, kilogramme.	Coût total de l'arrosage, y compris le transport, le service, la surveillance, etc., par mètre cube, kilogramme.
	a) Eau.			
	b) Huiles.			
	c) Alcalins.			
	d)			

QUESTIONS	RÉPONSES
XI. — Les dépenses sont-elles couvertes en partie par des louageurs et dans quelle proportion? Les Compagnies de tramways et les constructeurs concessionnaires de nouvelles rues interviennent-ils?	
XII. — Quelle a été la recette totale en 1908, pour l'arrosage proprement dit?	
XIII. — Si la charge de l'arrosage des routes incombe aux riverains, à quelles conditions la ville reprend-elle ce travail?	
XIV. — Quelle est l'organisation du service de l'arrosage? Se fait-il en régie ou le donne-t-on à l'entreprise? Les chevaux, les tonnes d'arrosage et l'outillage appartiennent-ils à la municipalité?	
XV. — Quelles sont les autres indications qui peuvent être utiles? 1° En ce qui concerne le procédé usité;	
2° En ce qui concerne les divers genres de revêtements:	
3° En ce qui concerne le mode d'approvisionnement des matériaux	
4° En ce qui concerne la nécessité ou l'utilité de l'arrosage des routes.	
XVI. — Le procédé suivi a-t-il donné de bons résultats, et quels sont les changements éventuels que l'on a en vue?	
XVII. — Quelles sont, abstraction faite de la diminution de la poussière et de l'amélioration de l'état de l'air, les raisons hygiéniques qui militent en faveur d'un arrosage bien ordonné des routes?	

65782. — IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Contruction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

Dipl. Ing. Dr HANS KELLNER
Stadtbaudirektor, in Brünn

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

NETTOYAGE ET ARROSAGE

Passons brièvement en revue les causes de la formation de la poussière sur les voies urbaines : 1° l'usure des chaussées par la circulation, surtout par celle des poids lourds; 2° le détachement des ordures adhérant principalement aux roues des véhicules qui viennent des champs dans la ville; 3° les déjections animales (excréments); 4° les déchets de route, notamment des décombres et du sable qui se perdent par suite du mauvais conditionnement des véhicules; 5° les ordures des trottoirs. Bien que, malgré la poussière, la chaussée puisse être en très bon état, il convient de veiller avec le plus grand soin à l'élimination ou à l'agglutination de la poussière, car ses effets peuvent être des plus nocifs, lorsque le passage des voitures ou le vent la soulève en tourbillons. En premier lieu, véhicules, voyageurs et marchandises se trouvent recouverts d'une poussière qui peut leur nuire plus ou moins; en second lieu, lorsque la poussière soulevée forme un véritable *nuage*, par suite de la raréfaction de l'air derrière les véhicules à rapide allure, ce nuage empêche souvent les voitures venant derrière de voir quoi que ce soit, ce qui compromet la sécurité des personnes et des voitures qui suivent ou qui se trouvent dépassées. En outre, la poussière pénètre dans les maisons et les jardins qui bordent les rues, y cause également des dégâts et enlève de leur valeur aux plantations souvent entretenues à grands frais. Véhicule de nombreux microorganismes, la poussière s'introduit dans les organes respiratoires et n'est pas moins dangereuse en irritant beaucoup de muqueuses délicates qu'en colportant maint germe pathogène. De ce que par l'arrosage, la pluie ou la neige, la poussière se transforme en boue, de ce que la boue cause des dégradations aux voitures et se retransforme en poussière par la sécheresse, il résulte absolument que la lutte contre la poussière n'apparaît pas seulement comme utile, mais comme *nécessaire*.

Si l'on met à part l'établissement de la chaussée que nous

supposons naturellement le meilleur possible, grâce au choix des matériaux les plus résistants, c'est le *nettoyage* des rues qui est de nature à supprimer la poussière de la façon la plus radicale. Ce ne sont pas seulement des raisons d'hygiène et de sécurité pour la circulation qui rendent nécessaire ce nettoyage; c'est aussi ce fait que la poussière empêche d'apercevoir à temps les dénivellations de la chaussée, surtout sur les routes empierrées et que, par suite, les emplois partiels nécessaires ne peuvent plus être immédiatement exécutés. Il s'ensuit que les dénivellations s'approfondissent en véritables flaches et déforment la chaussée, nouvelle cause d'endommagement pour les voitures; d'autre part, les travaux d'entretien, insignifiants à l'origine, s'aggravent en travaux coûteux de rechargement. Un bon service de voirie doit donc, dans les grandes villes, s'attacher soigneusement à la suppression de la poussière et de la boue et les municipalités doivent plus qu'auparavant se rendre compte que l'élimination la plus rapide possible de la poussière et de la boue présente le plus grand intérêt pour la collectivité, qu'il en résulte une économie, d'autre part, et qu'elles ont, par suite, à se montrer moins parcimonieuses qu'elles ne le font encore souvent dans l'allocation des fonds nécessaires. Le côté avantageux de la suppression rapide de la poussière et de la boue se traduit à coup sûr par des économies réalisées dans l'entretien des routes et par la préservation des voitures, des vêtements, des meubles, des jardins, etc... Sans aucun doute, cette appréciation plus judicieuse des choses se ferait jour plus tôt si l'on pouvait trouver une meilleure utilisation technique de la boue et de la poussière à éliminer: mais il manque encore, sur ce point, d'études concluantes.

Toutefois, étant données les conditions qui se rencontrent dans la très forte majorité des grandes villes, particulièrement dans celles qui ont beaucoup de routes empierrées, on ne peut pas songer à faire disparaître la poussière des rues de façon immédiate et continue; aussi y a-t-il lieu de recourir à des palliatifs pour combattre les conséquences fâcheuses de la formation de la poussière. Parmi ceux-ci, il faut mentionner avant tout l'*arrosage*.

Dans mon rapport, je fais abstraction de tout arrosage qui a pour but d'agglomérer la poussière pour quelque temps

et qui consiste, en pratique, dans l'emploi de sels hygroscopiques ou d'émulsions à base d'huile et de goudron, car ce genre de lutte contre la poussière sera traité ailleurs ; il ne se trouve encore, à vrai dire, que dans la période d'essai et, par suite, il n'est pas employé sur une grande échelle. Le rapport *l'Administration municipale de Vienne en 1907* (p. 103), contient, à ce sujet, la remarque suivante :

« En vue d'empêcher la formation de la poussière, on a procédé au goudronnage des routes et chemins par la méthode Felsinger, sur une superficie de 69 100 mètres carrés pour les chemins et de 22 600 mètres carrés pour les routes moyennant une dépense de 24 700 couronnes : on a obtenu les mêmes résultats que les années précédentes ; de plus, 22 600 mètres carrés de routes ont été goudronnés d'après la méthode française (avec des machines), moyennant une dépense de 2 340 couronnes, non compris les matériaux : ce procédé est revenu à environ 40 p. 100 meilleur marché, mais ses résultats ont aussi duré moins longtemps dans la même proportion.

« On a également employé, à titre d'essai, une préparation de chlorure de calcium mélangé à l'eau d'arrosage pour fixer la poussière. Etant donné la complication et la cherté de ce procédé, et aussi la courte efficacité de cette préparation, l'expérience a montré qu'elle n'est qu'un remède passager, comme nombre de ses prédécesseurs, et qu'on ne peut l'utiliser avec succès que dans des circonstances particulières. »

Comme le *Compte rendu des travaux du Congrès* (p. 98-99), permet d'en juger, les essais ont donné ailleurs des résultats analogues, de sorte que, jusqu'à nouvel ordre, on ne peut guère se servir, dans les grandes villes, que de l'eau comme moyen d'arrosage. Sans doute l'arrosage à l'eau, dont la fréquence doit dépendre de l'époque de l'année, de l'exposition de la route envisagée, de la densité de sa circulation ainsi que de la chaleur et du vent, ne revient pas du tout à bon marché et ne peut être employé que là où il y a suffisamment d'eau et où elle n'est pas chère. Ce pourrait bien être le cas pour la plupart des grandes villes.

Quoiqu'il soit également nécessaire dans la saison sèche pour conserver son élasticité à la chaussée, l'arrosage a été présenté ici comme un palliatif indispensable, et cela avec

raison, puisque l'arrosage n'a pas pour effet de supprimer la poussière, mais de la transformer en boue; c'est seulement quand on râcle et qu'on enlève aussitôt cette boue que la poussière diminue, puisque, dans le cas contraire, la boue se retransforme en poussière, ce qui exige un nouvel arrosage, et puisque la boue durcissante amène la formation d'ornières qui rendent la chaussée raboteuse. L'arrosage présente l'avantage essentiel de prévenir le soulèvement de la poussière et l'infection consécutive de l'air par les bactéries de toutes sortes, à la suite du passage des voitures; de plus, les voitures ne disparaissent pas dans des nuages de poussière, de sorte que chacun peut continuer à voir devant lui sur la chaussée, ce qui est indispensable pour la sécurité de la circulation. Bien entendu, l'arrosage doit être fait de façon à éviter le plus possible qu'il soulève la poussière. L'évaporation de l'eau abaisse considérablement la température dans les rues arrosées : c'est un avantage de plus qui n'est pas à dédaigner par les chaudes journées d'été, surtout pour les rues pavées ou à revêtement d'asphalte. Si utile pourtant que soit l'arrosage, en se plaçant aux divers points de vue envisagés plus haut, il ne va pas non plus sans avoir des effets défavorables sur l'entretien de la chaussée, effets qui ne disparaissent que sur les surfaces absolument sans joints. Dans ce dernier cas, l'eau s'écoule, en effet, rapidement, entraînant la poussière avec elle, et il ne lui est pas possible d'amollir la chaussée ou la fondation, ni d'enlever des éléments précieux pour la cohésion de la chaussée, ni de produire des réactions chimiques pernicieuses. Dès que le revêtement ne présente plus de joints bourrés d'une matière compacte, dès que ceux-ci ne sont remplis que de sable ou d'une matière meuble, il est inévitable que des effets fâcheux se produisent, notamment lorsque l'arrosage est fait à forte pression. L'eau emporte une partie de la matière emplissant les joints, provoque, par suite, une usure plus rapide des arêtes des pavés, entre lesquels il se forme souvent une rainure très prononcée; continuant son cours, elle pénètre entre les pavés jusqu'à l'assiette, qui s'amollit si elle n'est pas absolument imperméable ou particulièrement bien asséchée : nouvelle cause seconde de formation de boue et de poussière, puisqu'au passage des lourdes charges, le sous-

sol amolli reflue à la surface à travers les joints. Il ne manque jamais de se produire, par la suite, un déchaussement de quelques pavés, un affaissement du niveau de la rue, ce qui nécessite un relevé à bout anticipé, avec fourniture de nombreux pavés neufs. Dans le pavage en bois, notamment en bois tendre, les alternatives continuelles d'humidité et de sécheresse amènent un éclatement prématuré des pavés. Avec les empierrements, où le nombre des joints se multiplie beaucoup plus que dans les pavages, il n'est pas rare qu'il advienne, en outre, surtout dans les vallées accidentées, une désagrégation de la pierraille, qui nécessite avant l'heure un rechargement partiel ou total. Bien entendu, il y a des espèces de pierraille qui sont presque insensibles à l'action de l'humidité, et il y en a même dont la matière d'agrégation se dissout par l'humidité et donne l'aspect de l'asphalte à la chaussée, après la pluie. Je fais ici allusion aux routes remarquables des provinces alpestres de l'Autriche, avec revêtement de dolomite, et à quelques routes excellentes de l'Herzégovine. Mais, comme dans beaucoup de grandes villes, le choix des matériaux d'empierrement dépend en première ligne de la constitution géologique des régions avoisinantes, il va de soi, d'après ce que j'ai dit plus haut, qu'il convient de traiter tout à fait à part chaque chaussée au point de vue de l'arrosage et qu'il faut s'inspirer de considérations judicieuses pour déterminer exactement dans quelle mesure l'arrosage doit se combiner avec l'entretien de l'empierrement.

Quant aux procédés de nettoyage et d'arrosage, ils ne répondent encore en aucune façon aux besoins réels, malgré les progrès réalisés depuis un quart de siècle.

Même pour le nettoyage des chaussées sans joints et des revêtements ordinaires, on trouve encore la méthode primitive du balayage à la main avec balais de différents modèles et de l'amoncellement des ordures à l'aide de pelles et brouettes, de divers modèles également, en petits tas enlevés par des tombereaux.

Un jeu d'outils spéciaux et bien appropriés au balayage constitue un progrès essentiel. Il se compose en principe :

a) De récipients pour ordures, le plus souvent en fer, légers, portables, indépendants, au-dessous desquels il est facile de ranger tout ce dont le cantonnier a besoin (balais, pelles,

râcloir, gratte-boue, etc...); *b*) d'un chariot plat, sur lequel les récipients enlevés du châssis-porteur peuvent être chargés facilement et sûrement. Le nombre des récipients pour ordures constituant un même jeu est double de celui qu'il faut pour le chariot plat. Après distribution de la moitié des récipients, on amène le chariot à pied d'œuvre; on emporte les récipients déjà remplis par les cantonniers et on leur en donne des vides en échange. Une fois le chariot plat chargé entièrement de récipients pleins, on le ramène à l'endroit affecté au dépôt des ordures, on déverse les récipients et on fait une nouvelle tournée avec des récipients vides. Naturellement, ce mode de nettoyage exige une étude attentive des conditions locales et une répartition judicieuse des équipes, afin que ni les cantonniers ni le chariot ne se trouvent inoccupés.

Pour les rues pavées et pour les revêtements d'asphalte, et aussi pour les empierrements, mais dans une moindre mesure, on emploie de plus en plus des balayeuses de divers modèles: c'est ainsi qu'à Vienne, en 1907, il y en avait déjà cent treize en service. Toutefois, le nettoyage n'est pas parfait avec la balayeuse seule, et on ne peut obtenir ensuite de résultat tout à fait satisfaisant que par un *lavage à fond*, suivi d'une évacuation des eaux sales dans les bouches d'égouts. Il va de soi que ce lavage n'est possible que lorsque l'on dispose d'une assez grande quantité d'eau à bon marché et que le revêtement ne présente pas de joints ou lorsque le pavage est bon. Là où on ne dispose pas de balayeuses et là où leur emploi ne paraît pas rationnel au point de vue technique, il faut faire disparaître la poussière avec le balai à main et autres accessoires, et un arrosage préalable est indispensable; il est vrai que l'arrosage, ou du moins l'humectation avec des gouttelettes d'eau est également nécessaire avec les balayeuses. L'arrosage peut se faire, soit en puisant l'eau directement à la bouche et en se servant de tuyaux, soit indirectement, à l'aide de tonneaux; dans ce dernier cas, l'eau est répandue par des roues horizontales tournantes, des tubes d'éparpillement, des tuyaux oscillants, etc. Dans les rues étroites, anguleuses, il faut encore parfois recourir à l'arrosoir. Les arroseuses ont déjà des formes assez perfectionnées : à côté de celles à chevaux, on a des arroseuses automobiles et des arro-

seuses à vapeur. L'expérience a montré que la circulation des tramways soulève une abondante poussière : on a dû arroser principalement les voies des tramways, ce qui se fait très simplement par l'adaptation à un tramway d'un réservoir d'eau.

L'arrosage des rues engendre naturellement de la boue, qui doit être enlevée d'urgence, comme je l'ai déjà dit. A cet effet, dans les rues dont le revêtement n'offre pas de joints, sur les bons pavages comme aussi sur les empierrements bien unis, on aura avantage à employer des éboueuses; à défaut de ces machines, ou s'il n'est pas possible de les faire servir, on dotera les cantonniers des appareils à main nécessaires pour l'évacuation. On peut charger directement la boue amassée, surtout quand elle est encore fluide, dans des voitures construites à cet effet, au moyen d'appareils aspirateurs transportables, où le vide est fait par les explosions périodiques d'un moteur à pétrole. En tout cas, il est extrêmement urgent d'enlever la boue retirée.

Ce qui vient d'être dit s'applique naturellement aussi au cas de formation de boue par suite de pluie et l'on peut utiliser très avantageusement, pour le lavage de la chaussée, un temps d'averses violentes, en garantissant les cantonniers pour qu'ils ne soient pas trop mouillés. Pour l'enlèvement de la neige sur les chaussées, toute grande ville ne peut se passer d'un certain nombre de chasse-neige; nous n'ignorons pas que l'évacuation rapide et complète de la neige entraîne toujours des frais considérables; mais ils peuvent diminuer notablement quand la nature de la neige retirée permet son évacuation par les égouts à chasse. L'addition de sel à la neige, pour faciliter sa fusion, permet d'abaisser également les frais d'enlèvement; mais on ne peut pas toujours employer ce procédé.

Le coût du nettoyage des rues et de leur arrosage à l'eau, varie naturellement beaucoup avec le taux des salaires dans chaque endroit. En moyenne, pour la ville de Brünn, en particulier, le prix de revient annuel de l'enlèvement de la poussière s'élève à 18 heller (18 centimes) par mètre carré, et le prix de revient annuel de l'arrosage à l'eau, pour un arrosage par jour en automne et au printemps et pour deux arrosages par jour en été, s'élève à 7 heller (7 centimes), avec une consommation de 1 litre d'eau par arrosage et

par mètre carré. Etant donné, d'après le *Compte rendu des travaux du premier Congrès international* (p. 113), que les frais d'arrosage à la rustomite paraissent se chiffrer par 14,2 heller à Carlsbad, par année et par mètre carré, les frais d'arrosage à l'eau pour Brünn sont encore relativement faibles, bien qu'ils soient élevés si on les compare à ceux d'autres villes.

Conclusions.

1° On ne doit adopter, pour l'établissement des chaussées, que les modes d'exécution qui produisent le moins de poussière possible, étant donnée la circulation qu'elles doivent desservir.

2° Le service du nettoyage de la voirie doit être beaucoup mieux organisé dans les grandes villes qu'il ne l'est actuellement, afin que les passants, les véhicules, les maisons et les jardins en bordure des routes n'aient pas à souffrir de la poussière, et qu'on puisse apercevoir et réparer à temps les dépressions de la chaussée.

3° Il y aurait lieu de s'attacher plus spécialement à l'étude de l'utilisation technique et agricole de la poussière enlevée sur les chaussées.

4° Il est nécessaire, dans les grandes villes, d'agglomérer la poussière sur les chaussées et d'enlever le plus vite possible cette poussière agglomérée — devenue de la boue, — car, autrement, la boue durcit, la chaussée devient raboteuse, et il se forme à nouveau de la poussière.

5° Pour nettoyer et arroser les rues, on ne doit se servir que des machines du meilleur type.

Dr Hans KELLNER
Dipl. Ing.
Stadtbaudirektor, in Brünn

(Trad. Blaevoet).

65488. — Imprimerie, Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

JOSÉ RODRIGUEZ SPITERI
Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos
Malaga

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS

PRIX DE REVIENT

COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

La poussière si ennuyeuse et si désagréable en dehors des agglomérations et particulièrement sur les routes et promenades, devient, surtout dans les grandes villes, un véritable ennemi qu'il faut combattre par tous les moyens et à tout prix.

De récentes expériences démontrent que si sur les hauteurs et dans les lieux inhabités le nombre de particules solides recueillies dans l'air est de 200 par mètre cube, on en trouve à Londres et à Paris respectivement 150 000 et 210 000 et que le maximum est atteint de six à neuf heures du matin et de six à neuf heures du soir : la première période coïncidant avec le nettoyage dans les maisons et la seconde avec la sortie des fabriques ou établissements industriels et la période de plus grande activité des cheminées domestiques.

La composition des poussières est très variable, mais celles-ci peuvent être classées en deux grandes catégories : organiques et inorganiques :

Les premières, qui sont les plus caractéristiques des villes, se composent de corpuscules vivants et inertes dans lesquels prédominent des filaments d'origine végétale ou animale, restes de drap, pollen et duvet de certains fruits, écailles et lambeaux d'épiderme, feuilles, papier, laine et bois pulvérisés, etc.

Les corpuscules vifs de l'atmosphère, microbes et moisissures, sont les plus dangereux parce que c'est en eux que résident les germes d'un grand nombre de maladies infectieuses ; mais comme l'air ne peut, lui-même, servir de milieu de culture aux microbes, ceux-ci ne s'y trouvent que comme hôtes accidentels contenus ou entraînés en règle générale, par les poussières provenant de la désagrégation des surfaces et des apports de l'extérieur.

Le sol reçoit les germes de toutes les maladies infectieuses de l'homme et des animaux et celui des villes les plus habitées en renferme un plus grand nombre que celui des campagnes et lieux inhabités. Fraenkel a trouvé dans le sol de Berlin 450 000 germes par centimètre cube, Miquel 1 000 000 000 (un milliard) dans la boue des rues de Paris et 10 000 000 dans le parc de Montsouris; Maggiora en a découvert 32 000 000 dans le sol de Turin.

Mais on ne croit pas que seules les poussières chargées de microbes et de champignons soient dangereuses pour l'homme, puisque les poussières inorganiques si fréquentes dans les centres populeux et industriels, donnent naissance à des maladies aussi caractéristiques que l'anthracnose, la pneumococcose, la sclérose et autres et puisque l'introduction dans les organes respiratoires de poussières inorganiques inertes, comme le pollen de quelques graminées et le duvet de certains fruits et arbres (le platane) y produit certaines affections et même l'hémoptysie que l'on n'attribue qu'à celles-ci.

La poussière, dans les grandes villes, n'est pas seulement, comme nous le disions au commencement, le compagnon de voyage désagréable et ennuyeux des grandes routes, c'est l'ennemi qui envahit les rues, les places et les habitations, qui cache dans son sein les germes de maladie contribuant puissamment à la mortalité et à la morbidité des grandes villes.

Si la lutte contre la poussière est poursuivie aujourd'hui avec succès en dehors des endroits peuplés, elle doit être menée à l'intérieur des agglomérations avec une constance et une ténacité sans limites. Pour combattre la poussière, il est nécessaire de recourir, aussi bien au centre des cités que dans leurs faubourgs et environs, aux revêtements qui produisent le moins possible de détritus, à leur nettoyage par les moyens reconnus les plus convenables et les plus pratiques et il faut éviter la dispersion de la poussière dans l'atmosph re en la fixant par l'arrosage et à l'aide d'autres moyens.

Les revêtements dans les grandes villes sont très variés, mais notre but étant de nous en occuper seulement au point de vue de la propreté et du service de police qui se rapporte aux voies publiques, nous nous contenterons de remarquer que l'on doit toujours recourir dans la mesure du possible, à l'asphalte. Les rues principales des plus grandes villes d'Espagne sont depuis peu de temps revêtues en asphalte et, en

raison des avantages incontestables que ce système présente sur les autres modes de revêtement, son usage s'étend considérablement.

Avec l'asphalte fondu et continu, on a revêtu les promenades et les rues les plus importantes de Madrid, et à l'aide de l'asphalte comprimé en carreaux, on a récemment pavé la rue de Marquis de Larios, à Malaga, et celle de la Députacion à Barcelona,

Quoiqu'il ne se soit pas encore écoulé un temps suffisant pour pouvoir porter un jugement définitif sur ce dernier revêtement, nous croyons qu'il est le meilleur comme résistance et durée, tout en étant le moins sensible aux hautes températures, d'un maniement facile pour la mise en place, ne nécessitant pas la fusion sur place si embarrassante et si désagréable et enfin parce que les réparations peuvent être effectuées avec rapidité et facilité.

Les pavages en bois, si en vogue jadis, ne doivent pas être acceptés sans traitement ou préparation spéciale, car l'hygiène les proscrit en les considérant comme des éponges retenant les produits et germes septiques qui se répandent ensuite sous forme de poussière. On ne pourrait recommander ces pavés que lorsque le bois employé est traité par des procédés spéciaux comme ceux de Managnan, Ruping et autres, qui supprimant et atténuant considérablement les inconvénients précités, rendent le sol résistant et élastique, incorruptible et imperméable, sans joints apparents, en état de ne pas produire de poussières et de fixer ou de retenir celles qu'apportent les vents et qui proviennent de la circulation.

Les pavés de pierre qui forment le revêtement de la plupart des rues de toutes les grandes villes, doivent être résistants, durs, taillés et smillés à la perfection pour pouvoir supporter tout d'abord l'intense trafic des grands centres et éviter la production de détritus et poussières.

Afin d'empêcher que les déchets et poussières de la voie publique ne se déposent dans les interstices et que le sable de la forme ne reflue, et n'augmente les détritus que l'on doit constamment extraire, pendant que les pavés s'enfoncent, il conviendrait de remplir la moitié supérieure des joints avec du goudron ou du béton très fluide qui, en fixant les sables, améliore considérablement les conditions hygiéniques du sol.

Les pavages en cailloux peuvent être admis en raison de

leur économie, mais seulement pour les voies de faible trafic. Le nettoyage et l'arrosage des rues pavées en cailloux de rivière se fait difficilement à cause du nombre considérable de joints qu'elles présentent et de la facilité avec laquelle elles se déforment; elles sont, de plus, impropres à l'application des systèmes modernes de désinfection et de nettoyage.

Les macadams, en tant que revêtements classiques producteurs de poussières, sont relégués pour les environs, les avenues et les promenades éloignées des centres, mais de nouveaux procédés pour combattre la poussière (goudronnage, westrumissage et arrosage au pétrole et sels spéciaux) ont donné des avantages si positifs au point de vue de la commodité et de l'hygiène, que nous ne pouvons rejeter systématiquement les anciens empierrements, d'autant plus qu'en employant les méthodes modernes pour les agglutiner ou les imperméabiliser, ils sont toujours les plus économiques.

L'enlèvement des poussières et détritus qui s'accumulent sur la voie a fait et fait encore l'objet de grandes études de la part des administrations municipales et des techniciens qui s'occupent des questions complexes relatives à l'hygiène et à la salubrité urbaine.

Le balayage indispensable que l'on doit effectuer dans les rues et promenades est pratiqué généralement à l'aide de balais à main ou mécaniques. Les premiers, faits de rameaux d'arbustes, de joncs, de bouleaux, de bruyère, suivant le pays, sont ceux dont on se sert pour le balayage à main, qui est le plus généralement employé en Espagne tant dans les grandes que dans les petites villes. Ce système primitif si généralisé, est, malgré ses inconvénients et son prix excessif, indispensable dans les rues étroites, tortueuses et irrégulièrement pavées, parce que aucune machine ne pourrait y être utilisée et que nul appareil ne pourrait se substituer à la main de l'homme là où l'inégalité du sol, les conditions et l'état du revêtement, et même le genre d'immondices exigent une action variée et jusqu'à un certain point intelligente.

Le balayage à main est, croyons-nous, indispensable dans des conditions déterminées, et l'on peut en obtenir des résultats excellents, en améliorant les outils employés; il conviendrait notamment de substituer aux balais formés de rameaux trop forts et ligneux, de petits balais de fibres végétales ou produits fins, mais très résistants comme le tamaris ou atalea

du Brésil, le piassava, les fibres du bambou, etc., en ayant soin que les opérations de balayage et nettoyage se fassent sous la direction de contremaîtres intelligents suivant un règlement sévère. Il faut veiller à ce que le personnel chargé de ce service soit bien choisi et tâcher que le métier de balayeur ne soit pas considéré comme inférieur.

L'emploi de machines pour le balayage et le nettoyage des rues est d'une utilité variable et fait supposer une organisation très moderne de la police et du service de voirie des villes. Quoique son usage soit encore peu généralisé en Espagne, plusieurs balayeuses mécaniques ont été acquises par les municipalités de Madrid, Barcelona, Bilbao et quelques autres grandes villes. Mais on ne s'applique pas avec toute l'assiduité nécessaire à résoudre le problème, et il n'est pas, à notre connaissance, que l'on soit arrivé à essayer les modèles les plus modernes et les plus perfectionnés qui recueillent ou aspirent les produits du balayage pour les transporter de manière à ne pas les disperser.

Les balayeuses que nous employons dans cette province sont du modèle anglais Wadsworth et du modèle français de la maison Durey-Sohy. Toutes deux donnent de bons résultats; les premières sont particulièrement recommandables quand on doit faire un balayage énergique, soit pour préparer les chaussées pour le goudronnage, soit quand il convient d'extraire des joints de pavés les balayures et les poussières contaminées qui, pour une raison quelconque infecteraient le sol et doivent, par suite, disparaître. Mais le balayage pratiqué à sec soulève de telles quantités de poussières, qu'il paraît plus nocif qu'utile, puisqu'il met en suspension tous les détritus et matières du sol et leur permet d'entrer dans les habitations, d'entourer les passants et de répandre les maux et dangers inhérents à la poussière.

On doit donc fixer et agglomérer les poussières en ayant recours à l'arrosage et à des procédés spéciaux de balayage et nettoyage. Le moyen le plus ordinairement employé est l'arrosage préalable fait à l'aide de l'arrosoir à main, ou à l'aide de la lance; mais ces méthodes devraient être rejetées, la première mouillant le sol d'une manière insuffisante et irrégulière, et la seconde le faisant avec trop d'abondance.

Pour effectuer le nettoyage de la voie publique dans les meilleures conditions, en suivant les préceptes de l'hygiène,

trois opérations sont nécessaires : l'arrosage, le balayage et l'enlèvement des ordures, et il faut laisser entre elles le plus court intervalle de temps possible et sans qu'il y ait dispersion de poussières.

Les balayeuses Salus, Hechlhein ou Bergman employées en Allemagne, la Guerrini en Italie, la Haustête ou celles du modèle américain en usage à New-York, devront donc avoir la préférence.

Comme les opérations de nettoyage sont toujours, si bien qu'on les pratique, ennuyeuses pour le public, embarrassantes pour la circulation et difficiles lorsque les rues à nettoyer sont très fréquentées, le balayage et le transport des immondices devraient être faits de minuit aux premières heures du jour.

Il convient d'effectuer ce service suivant une réglementation rigoureuse, en régie et jamais à l'entreprise, car nous considérons l'assainissement de la voie publique comme un service essentiellement hygiénique, qui ne peut être confié à des entrepreneurs, ceux-ci plaçant toujours l'idée de lucre avant celle de l'hygiène.

Le transport des balayures aux dépôts ou aux fourneaux de combustion ou de crémation, doit se faire au moyen de véhicules automobiles ou à traction animale.

Si, pour ne pas compliquer le service, ou pour toute autre raison, on s'entend par contrat pour l'enlèvement du produit du nettoyage, les véhicules devront être du même modèle que ceux choisis par les municipalités, selon les conseils des fonctionnaires chargés du service technique d'assainissement et d'hygiène, et fréquemment inspectés, afin qu'ils réunissent toutes les conditions exigées.

Comme il se produit pendant le jour, surtout dans les artères les plus fréquentées des grandes villes, par suite de l'intensité de la circulation, une quantité considérable d'ordures et particulièrement d'excréments de chevaux qu'il ne convient pas d'y laisser jusqu'au nettoyage nocturne, on doit organiser un service permanent de nettoyage à l'aide d'appareils perfectionnés agissant par aspiration et de voiturettes du modèle Lutocar qui permettent de recueillir les produits du balayage dans des récipients complètement fermés ne répandant pas d'odeurs et ne présentant pas un aspect désagréable et avec lesquels le transport est effectué rapidement.

Ce nettoyage diurne devra être pratiqué par des ouvriers

expérimentés et diligents, avec les appareils les plus perfectionnés et répondant aux exigences les plus rigoureuses de l'hygiène.

Il y a, en dehors des voies publiques où se produit la poussière que nous devons combattre par tous les moyens, d'autres foyers comme : les chantiers de construction et les champs de manœuvre et d'instruction qui, surtout dans les pays méridionaux et aux époques de chaleur et de sécheresse, produisent d'énormes quantités de poussières, lesquelles, soulevées par l'air, produisent leurs pernicieux effets.

Comme, dans ce cas, le recours aux mêmes procédés qui se pratiquent sur la voie publique ne serait ni justifié ni économique, il convient d'éviter la production de la poussière au moyen de gazonnement ou en semant telles autres plantes que l'on croit le mieux appropriées à cet effet. Les terrains où l'on ne passe pas ordinairement et dans lesquels ne peut ni prendre racine, ni se conserver aucune sorte de plante, pourront être traités au moyen d'arrosages aussi peu fréquents et abondants que possible, pour lesquels l'emploi des sels déliquescents et autres produits donnant le résultat désiré conviendrait tout particulièrement.

Le complément indispensable de tout nettoyage soigné est l'arrosage. Quand on dispose d'une canalisation d'eau abondante et à pression élevée, l'arrosage à la lance puisant le liquide aux bouches ou aux ouvertures spéciales ménagées dans ce but le long des voies publiques, est le plus pratique et le plus rapide.

Mais toutes les grandes villes n'ont pas toujours un réseau de conduites où l'eau soit assez abondante, à pression assez élevée et à débit assez constant, pour subvenir aux nécessités d'un bon arrosage sur tous les points de la ville au moment utile, et d'ailleurs, l'arrosage à la lance ne laisse pas d'y avoir de sérieux inconvénients. Parmi ceux-ci nous devons noter que la quantité d'eau consommée est considérable, ce qui ne convient pas toujours, même quand on en a en abondance; que, l'humidité excessive est contraire à l'hygiène et à la commodité, la boue étant plus fâcheuse que la poussière et que, dans les revêtements non continus comme les pavés en pierre ou en bois, l'action directe du jet de la lance décharne les joints entraîne le sable qui les remplit et produit des affouillements fréquemment observés. Les lavages à grande

eau sont excellents et donnent de bons résultats sur les revêtements continus et imperméables, comme lesasphaltes et pavés en bois sur fondation indéformable et à joints imperméables, mais là où le sol ne réunit pas ces conditions, on doit faire appel à d'autres procédés.

Lorsque l'eau n'est pas abondante, ce qui arrive très souvent dans les pays méridionaux, surtout en été, au moment où les arrosages seraient le plus nécessaires, et lorsque l'on n'a pas un réseau complet de conduites d'eau à pression, ou même par raison d'économie, on a recours aux tonneaux munis de rampes perforées dont il existe des modèles variés. Les tonneaux automobiles de grande capacité, de même que les plus petits à traction animale construits par la maison Durey-Sohy que l'on utilise à Paris, et les chariots-cuve (brevet Miller) employés à Hambourg, donnent de bons résultats et peuvent être employés en toute confiance. L'arrosage avec tonneaux doit être fait, — lorsque l'on ne veut que mouiller les poussières et fixer les détritus, ou empêcher les balayures de se sécher, — de telle sorte que l'eau jaillisse presque pulvérisée et que la quantité employée soit juste le strict nécessaire pour atteindre ce but. Quand il s'agit de maintenir les promenades et les avenues sans poussière et assez humides pour y rendre la circulation agréable, il convient aussi que l'eau se tamise et même se pulvérise pour que de petites quantités suffisent à couvrir de grandes superficies, même s'il est nécessaire d'arroser plus fréquemment. L'arrosage copieux ne convient que lorsque, pendant les chaleurs excessives, on veut rafraîchir le sol et l'atmosphère.

Dans les endroits où il existe des lignes de tramway, on peut les utiliser pour la circulation de puissantes arroseuses (comme à Cologne et quelques villes des Etats-Unis) qui effectuent un rapide arrosage des rues, places et avenues occupées par les voies.

Pour remplir les tonneaux sans perdre de temps et afin de réaliser le plus grand nombre d'arrosages possible et de restreindre ainsi le coût par unité de superficie arrosée, il serait nécessaire de disposer de conduites d'eau et de prises spéciales convenablement distribuées, mais cette installation n'est pas jusqu'ici très fréquente en raison de son prix de revient.

Là où ces installations n'existent pas, on a recours aux bouches d'eau ordinaires et aux fontaines publiques auxquelles

on adapte une conduite qui alimente les tonneaux; dans les ports et villes du littoral on a recours à la mer où l'on puise l'eau à l'aide de pompes portatives et même à la main avec des seaux.

Il est inutile de dire que par ce procédé, malheureusement encore trop fréquent, l'arrosage se fait avec une lenteur et une parcimonie incompatibles avec le but hygiénique et la commodité que réclame un bon service; de plus, il revient excessivement cher. Pour remédier à ces inconvénients, nous avons imaginé un tonneau d'une capacité d'environ 800 litres, qui serait traîné par des chevaux et pourvu d'un mécanisme très simple permettant, à vide, de puiser l'eau au moyen du jeu d'une pompe actionnée par les roues; cette pompe produirait un vide partiel suffisant pour remplir la cuve en cinq minutes, en n'ayant qu'à plonger un tuyau d'amenée dans la mer ou le réservoir d'eau et à ouvrir le robinet qui les met en communication. Le tonneau une fois plein, la même pompe, pendant le trajet de la prise d'eau à l'endroit à arroser, introduit, dans un réservoir, de l'air comprimé à deux ou trois atmosphères, et ce dernier, mis en contact avec l'eau la fait jaillir en forme d'éventail par les orifices très réduits de l'arroseuse.

Nous nous attendons à de brillants résultats avec ce tonneau de modèle spécial, — que nous n'avons pas encore mis en usage, — non seulement pour la facilité et la perfection de l'arrosage, mais aussi au point de vue de la pratique et de l'économie.

Comme en Espagne et dans les autres pays semblables par leur position géographique et climatologique, l'on manque généralement d'eau et que les nécessités d'avoir ce liquide si précieux croissent sans cesse pour les arrosages, les emplois industriels et spécialement pour la salubrité et l'hygiène des grandes villes, on peut recourir pour l'arrosage et le nettoyage de la voie publique et même des habitations des populations du littoral, à l'eau de mer qui a l'avantage de conserver le sol humide pendant très longtemps sans produire de boue, d'endurcir les revêtements en les recouvrant d'une croûte qui empêche la formation de la poussière et protège les pavés en bois en évitant la production de mauvaises odeurs.

Les arrosages que nous avons effectués en plusieurs endroits de la route de Malaga à Almeria ont démontré que l'on pouvait

obtenir une économie de 30 p. 100 sur les arrosages faits avec de l'eau douce.

Pour économiser de grandes quantités d'eau et rendre les effets de l'arrosage plus durables, on pourrait employer des sels déliquescents, et spécialement le chlorure de calcium, dans la proportion de 10 kilogrammes par hectolitre.

Les expériences que nous avons réalisées avec ce procédé dans un chemin des environs de Malaga (Bella Vista) où il existe une circulation très intense, ont donné de bons résultats.

Pour l'enlèvement de la boue dans les rues, on peut employer les procédés déjà décrits en se servant d'appareils assortis tels que le tricycle enleveur de boue, système Salle, les raclettes en caoutchouc, en bois ou en fer, suivant le sol, ou les balayeuses munies de petits balais réglables qui peuvent s'adapter aux irrégularités du terrain. Nous voudrions seulement ajouter que lorsque les égouts sont à petite section et surtout à pente douce, on ne doit pas y jeter les boues, même fortement diluées, en les poussant jusqu'aux caniveaux et gargouilles dans la crainte qu'ils ne s'obstruent et ne gênent l'évacuation des eaux usées qui y circulent.

Quant aux dépenses du service de voirie dans les villes principales de l'Espagne, nous n'avons pu nous procurer que peu de renseignements. Nous savons seulement que la municipalité de Madrid accorde 1 074 313,75 pesetas, soit à peu près 0,17 pesetas par mètre carré, alors qu'à Malaga, on dépense 55 000 pesetas, soit 0,066 pesetas par mètre carré.

Conclusions.

Les voies publiques des agglomérations les plus importantes devront être dotées de revêtements perfectionnés et hygiéniques produisant le moins possible de poussière et de détritus et pouvant être balayés et nettoyés facilement.

Les services de police urbaine et d'assainissement de la voie publique s'organiseront de manière à pouvoir observer rigoureusement les règles de l'hygiène, en faisant tous leurs efforts pour que le personnel qui en a la charge soit le plus apte à s'acquitter de ses fonctions.

Les machines et engins employés devront être des modèles les plus accrédités et les plus perfectionnés.

Toutes les opérations de nettoyage de la voie publique devront être effectuées par l'administration, dirigées et surveillées par un personnel compétent.

On essayera d'étendre et de multiplier les arrosages et d'employer, si possible, l'eau de mer, et les sels déliquescnts, quand les circonstances le permettront, afin de prolonger les effets de l'arrosage.

De même, on encouragera les municipalités à améliorer l'hygiène publique et à perfectionner le service de nettoyage et d'assainissement, en leur allouant les crédits les plus élevés possibles.

Malaga, le 1er *Décembre* 1909.

JOSÉ RODRIGUEZ SPITERI

65469. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

E. BRET
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
au Service Municipal de Paris

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NETTOIEMENT ET ARROSAGE
DES CHAUSSÉES DANS LES GRANDES VILLES

Utilisation, nécessité. — Parmi les questions qui préoccupent les municipalités, le nettoiement mérite particulièrement leur sollicitude. Loin de nous est le temps où la charge de nettoyer les rues était laissée à la pluie et au vent. Les lois de l'hygiène et le besoin de confort ne se contentent plus de ces moyens naturels ; leurs exigences s'accroissent continuellement, et les villes ne peuvent reculer devant les obligations onéreuses que crée l'évolution de la vie sociale.

En présence du développement de la circulation par automobiles, le premier Congrès de la Route a été conduit à préconiser, d'une façon générale, le nettoiement des routes et l'arrosage léger et fréquent. Les considérants qui ont motivé ce vœu s'appliquent aux villes, à un plus haut degré, car les causes de production de poussière sont plus nombreuses : à l'usure des revêtements, plus rapide, et aux déjections des animaux plus abondantes, résultat d'une circulation plus active, viennent s'ajouter les matières diverses provenant des immeubles riverains.

Dans les agglomérations interviennent, en outre, des considérations d'hygiène : les germes entraînés avec la poussière que soulèvent les véhicules à vitesse accélérée, favorisent la propagation des maladies contagieuses .

Parmi les moindres inconvénients de cette poussière est sa pénétration dans les immeubles, même à travers les baies fermées, et les dépôts qu'elle forme sur les étalages et les meubles. Dans les rues, les dangers qu'elle provoque, sur route, sont aggravés avec l'importance de la circulation.

Par temps humide, les matières pulvérulentes s'agglomèrent et tendent à former un enduit visqueux sur lequel les bandages

en caoutchouc patinent ou dérapent, et peuvent occasionner des collisions plus fréquentes et plus dangereuses que sur route. Par pluie persistante ou abondante, cette couche se dilue en formant une boue liquide que les roues projettent, en tous sens, avec d'autant plus de force que sont plus grandes leur surface de roulement et leur vitesse. Les véhicules, piétons et riverains souffrent, à des degrés divers, de cette situation qu'ont aggravée, si ce n'est occasionnée, les nouveaux modes de locomotion.

Le nettoiement des routes a été reconnu utile, lors du premier Congrès ; il est nécessaire dans les agglomérations et demande à y être exécuté d'une façon plus complète.

Peut-il avoir une conséquence fâcheuse sur la durée des revêtements ? La question ne se pose pas pour les pavages de diverses natures, les enduits de ciment ou d'asphalte, car les gravois, sous les roues, contribuent à l'usure ou à la dégradation de ces revêtements. Pour l'asphalte et le pavage en bois, le séjour de matière d'origine animale ou végétale, par temps humide, favorise leur altération.

En ce qui concerne les empierrements, une certaine réserve s'impose : le défaut de nettoiement leur est préjudiciable, car l'excès d'humidité nuit à leur cohésion, et la présence prolongée d'une couche boueuse détruit la consistance de la chaussée. Mais un balayage ou un ébouage excessif porterait également atteinte à l'empierrement, en privant les joints de la matière d'agrégation qui assure la stabilité des éléments constitutifs. Juste mesure difficile à observer : tandis qu'en pleine campagne on peut restreindre l'époudrement et l'ébouage sans grave inconvénient pour le public, dans les villes un nettoiement plus complet s'impose, au détriment de la durée de l'empierrement.

Aussi est-il désirable que ce revêtement disparaisse peu à peu des voies à circulation active dans les agglomérations, ou, tout au moins, qu'il soit recouvert d'un enduit protecteur, permettant le nettoiement convenable.

Arrosage. — Si l'arrosage a pu être d'une opportunité contestée pour les routes en pleine campagne, son utilité n'est pas à démontrer dans les agglomérations. On y a généralement recours pour procurer quelque fraîcheur, pendant la saison chaude ; mais, depuis que l'activité et la rapidité de la circulation ont accru le soulèvement de la poussière, l'arrosage est devenu une nécessité. Un balayage, même soigné, ne peut faire disparaître les matières les plus ténues qui séjournent sur la

chaussée ; du reste, des causes de poussière se produisent dans l'intervalle entre les balayages. L'arrosage devient d'autant plus nécessaire que la voie est plus fréquentée.

Cette opération peut-elle être préjudiciable aux empierrements ? Exécutée prudemment, non seulement elle ne leur est pas nuisible, mais elle leur est profitable : une sécheresse prolongée en favorise la désagrégation. La chaussée atteint son maximum de résistance dans un état d'humidité légère qui maintient la cohésion de ses éléments et lui donne une certaine élasticité, sans atteindre la mobilité. Un arrosage léger, sauf à le renouveler autant qu'il est nécessaire, n'a donc aucune influence fâcheuse ; trop abondant, il est d'un effet déplorable pour le public qu'il oblige à circuler dans la boue, et pour la chaussée qu'il dégrade.

Pulvérisation d'eau. — La projection d'eau pulvérisée, en avant du balai, si elle ne présente pas les avantages divers de l'arrosage modéré, permet du moins, avec une consommation d'eau restreinte, d'effectuer le balayage par temps sec, sans soulever de poussière. L'eau ainsi projetée en quantité faible, mais très divisée, exerce une double action : tout en humectant les particules de poussière, et les rendant moins aptes à rester en suspension dans l'air, elle les rabat mécaniquement en les entraînant sur le sol.

Lavage. — Malgré le soin apporté au balayage et à l'arrosage, il est difficile de s'opposer entièrement au soulèvement de la poussière, entre deux arrosages, surtout quand les chaussées ne présentent pas une surface lisse, une partie des matières échappant alors aux balais. Le lavage à grande eau permet d'obtenir un résultat plus complet.

Très utile également pour combattre l'enduit de boue grasse, si favorable aux dérapages et au glissement des chevaux, il ne peut être nuisible qu'aux empierrements manquant de compacité. Dans ce cas, il convient de s'en tenir à l'arrosage qui, diluant la boue, la rend moins glissante et en facilite l'enlèvement.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉXÉCUTION

Quelles sont les opérations que comporte le nettoiement dans une ville ?

Les matières qui salissent la voie publique, en dehors de

celles produites par l'usure de la chaussée, proviennent des immeubles riverains, des transports de matériaux, des marchands ambulants et des déjections des chevaux. Aussi le nettoiement doit-il avoir pour objet : 1° l'enlèvement des ordures ménagères ; 2° le balayage, ébouage ou lavage des trottoirs, chaussées et caniveaux ; 3° le crottinage.

Ordures ménagères. — La question des ordures ménagères, essentielle au point de vue de l'hygiène, intéresse également la circulation, car les ordures séjournant sur la voie publique sont une des sources les plus abondantes de poussière et de boue. Aussi le déversement sur la chaussée, avant l'enlèvement, est-il généralement proscrit des grandes villes. C'est cependant au prix de mesures de police énergiques que ce résultat a été obtenu (à Lyon en 1878, à Paris en 1884). Les propriétaires mettent à la disposition des locataires les récipients communs dans lesquels ils peuvent déverser les ordures, et qui doivent être déposés sur la voie publique une heure avant le passage du tombereau, et rentrés aussitôt après l'enlèvement.

Pour que cette mesure produisît tout son effet, il faudrait s'opposer au renversement de ces boîtes sur la voie publique par les chiffonniers. Le triage du contenu, renversé sur une toile et replacé ensuite dans les récipients, serait également une tolérance à supprimer, en raison des abus qu'elle entraîne. Le chiffonnage dans les boîtes devrait lui-même être évité, car il entraîne inévitablement la chute d'ordures sur la voie publique.

La collecte doit avoir lieu à une heure matinale, pour être terminée lorsque la circulation a repris son cours. Elle est généralement commencée entre 6 et 7 heures du matin, et dure pendant 2 à 3 heures ; quelquefois même les tombereaux font deux voyages successifs (Lille, 7 heures et 9 h. 30). La collecte se prolonge ainsi jusqu'à une heure assez avancée. Il pourrait y avoir intérêt à effectuer cette opération durant la nuit, ou même dans la soirée, vers 10 heures du soir. L'hygiène et le bon aspect des rues gagneraient à ce qu'il en fût ainsi ; il serait logique, d'ailleurs, d'effectuer cet enlèvement avant le balayage des chaussées, contrairement à ce qui arrive parfois. Mais on peut craindre que les boîtes ne soient pas toujours rentrées après la collecte, et deviennent un danger pendant la nuit, surtout dans les voies insuffisamment éclairées.

Nettoiement des trottoirs. — Dans la plupart des villes, le balayage des trottoirs est laissé aux soins des riverains. Comme

ces derniers sont particulièrement intéressés à la propreté du trottoir, cette façon de procéder ne présente généralement pas d'inconvénients. Toutefois, elle devient difficilement applicable quand les trottoirs ont une grande largeur, ou, par temps humide, lorsqu'ils deviennent boueux. Les villes peuvent être ainsi conduites à effectuer elles-mêmes ce nettoiement, tout au moins dans les voies principales, sauf à recouvrer une taxe sur les riverains. A Paris, le balayage des trottoirs est entrepris par les ouvriers et ouvrières de la Ville, dès quatre heures du matin, de façon à ne pas entraver la circulation des piétons et à réduire la gêne causée par la poussière soulevée.

Lorsque les circonstances l'exigent, un ébouage des trottoirs est opéré, dans le courant de la journée.

Dans certaines villes, notamment à Orléans, les riverains ont le choix entre l'exécution directe ou la taxe.

Balayage des chaussées. — Le nettoiement des chaussées est une opération plus délicate. Néanmoins, dans beaucoup de villes, ce soin est laissé aux riverains.

Le balayage ainsi pratiqué n'enlève qu'une partie des matières ; il est insuffisant pour éviter la poussière ou la boue. Aussi, même dans les villes où cette pratique est maintenue, l'opération est effectuée sur les chaussées principales par les soins de la municipalité ; il en est ainsi notamment pour les chaussées empierrées, le nettoiement en étant particulièrement difficile, par temps boueux. Il est désirable que, d'une façon générale, ce travail soit exécuté par le personnel municipal.

Ce dernier peut être composé d'ouvriers et ouvrières permanents, chargés individuellement d'un canton.

Dans certaines villes, le balayage est effectué par des *ateliers de charité* composés de personnes peu valides auxquelles ce travail est donné à titre de secours, et qui travaillent généralement en groupe, sous la direction immédiate d'agents municipaux.

Si le groupement des travailleurs permet d'exercer une surveillance plus serrée, et d'obtenir ainsi un meilleur rendement, la localisation de l'ouvrier présente également ses avantages, car le cantonnier s'intéresse à l'entretien de l'îlot dont il est chargé, et le travail qui lui incombe étant nettement déterminé, on peut facilement se rendre compte s'il a rempli sa tâche.

Quand aux *ateliers de charité*, si les services qu'ils rendent au point de vue philanthropique sont appréciables, ils ne répondent pas aux exigences de l'heure actuelle.

Dans beaucoup de localités, les produits du balayage sont mis en tas, à proximité des caniveaux, et enlevés par les tombereaux avec les ordures ménagères. Parfois (Lille), ce service est fait spécialement par des tombereaux passant dans les rues avant 7 heures du matin. Quand les villes sont pourvues d'un réseau d'égouts bien aménagé, les balayures sont poussées dans les caniveaux où elles sont délayées pendant le lavage de ces derniers. C'est ainsi qu'on procède à Paris ; toutefois, pour les voies empierrées, on évite d'envoyer en égout le sable provenant de la chaussée.

A quel moment convient-il de procéder au balayage ? Pour la commodité du public et de l'exécution, il doit être effectué aussi tôt que possible. Dans certaines villes, il est exécuté par le personnel accompagnant le tombereau à ordures. Cette pratique est peu recommandable ; elle ne peut être suffisante que dans des voies à très faible circulation ; le personnel suivant le tombereau n'a que le temps d'enlever au balai, le cas échéant, les débris divers échappés des boîtes.

A Paris, les cantonniers et les balayeuses constituent un personnel permanent ; les hommes, dont le service dure de 4 heures du matin à 4 heures du soir, sont chargés de toutes les opérations que comporte le nettoiement d'un îlot. Les balayeuses sont plus particulièrement chargées du balayage des trottoirs, dès 4 heures du matin ; elles concourent ensuite au lavage des caniveaux ; leur service prend fin à 11 heures. D'autre part, des machines balayeuses, dont la mise en marche commence dès 4 ou 5 heures du matin, travaillent généralement par groupes, pour faciliter la surveillance des charretiers d'entreprise qui les conduisent, et afin d'activer le dégagement des cordons de balayures, que le séjour sur la chaussée expose à être dispersés. Elles terminent les voies principales avant la reprise de la circulation ; elles passent ensuite, jusqu'à 11 heures du matin, dans les voies secondaires, et reprennent leur travail, l'après-midi, lorsqu'un temps humide ou pluvieux provoque la formation de boue.

Dans certaines villes, le balayage est entrepris à des heures plus matinales, particulièrement dans les voies importantes (Rouen, 2 heures ; Bordeaux, Lille, minuit ; Toulouse, 11 heures soir). On ne peut qu'encourager toute organisation permettant l'achèvement de cette opération dès la première heure. Si le travail de nuit peut paraître plus pénible pour les ouvriers, il a

l'avantage de le mettre à l'abri des entraves et des dangers de la circulation. Il permet de donner assistance par le travail à des personnes qui ne pourraient l'accepter en plein jour ; la ville de Bordeaux, qui applique ce procédé depuis 1886, est très satisfaite des résultats.

Le balayage mécanique doit être réglé d'après l'importance de la circulation et la nature des chaussées. Il est à exécuter journellement dans les voies principales. Il ne peut être effectué qu'à intervalles plus ou moins rapprochés dans les voies des autres catégories ; toutefois le passage journalier des balais à bras est généralement nécessaire.

Plus l'opération se prolonge dans la journée, plus s'impose, par temps sec, la projection préalable d'eau sur la chaussée, afin d'éviter le soulèvement de poussière ; cette précaution s'impose notamment sur les empierrements.

Ebouage. — L'ébouage ne consiste qu'en un balayage quand la boue est à l'état liquide. Il présente cependant plus de difficultés, en raison de l'adhérence des matières. Néanmoins, les municipalités ne sauraient se reposer sur l'absence de poussière, par temps humide, pour négliger l'enlèvement de la boue. A ce travail, elles doivent affecter au moins toute la main-d'œuvre et les attelages qu'elles emploient par temps sec, en agissant aussitôt après la pluie, et même pendant qu'elle tombe.

Si la boue est compacte, l'arrosage peut devenir nécessaire pour lui donner une fluidité satisfaisante. Afin de ne pas gêner le public, il est alors préférable de procéder à cette opération pendant la nuit, et de renoncer à la dilution de la boue sous l'action de la circulation.

La présence d'une mince couche boueuse, moins gênante pour les piétons, est dangereuse par les glissements qu'elle provoque. On y remédie par un sablage léger ; mais cet artifice contribue à salir la chaussée. Aussi convient-il d'y recourir le moins possible, et de détruire la viscosité de cet enduit par un arrosage à faire suivre de balayage.

Lavage, — Le lavage des chaussées étant le moyen le plus radical d'éviter la poussière et la boue, cette opération est toujours très utilement effectuée dans les voies fréquentées, et particulièrement aux stationnements de chevaux. Il convient surtout aux pavages en bois, sur lesquels les matières sont adhérentes et qui ont une tendance à s'en imprégner. A Paris, certains pavages de bois sont lavés journellement.

L'asphalte, sur lequel le crottin humide est incomplètement enlevé par les machines balayeuses, comporte aussi le nettoiement fréquent par lavage, notamment par temps brumeux qui le rend glissant ; mouillé, mais propre, il ne présente pas cet inconvénient.

Sur les empierrements, le lavage, pouvant avoir une action fâcheuse, n'est à effectuer qu'avec mesure, en évitant d'y recourir quand une humidité prolongée diminue leur fermeté.

On ne compte généralement que sur la pluie pour laver les trottoirs. Néanmoins, un lavage serait parfois nécessaire afin de compléter le balayage, si un temps sec se prolonge, et pendant les périodes humides pour faire disparaître la boue adhérente sur laquelle le balai a peu de prise.

En général, le lavage consiste en un arrosage abondant, exécuté à deux reprises séparées par un intervalle laissant à l'eau le temps d'agir, et suivi d'un balayage s'il s'agit de pavage en pierre, ou d'un nettoyage à la raclette de caoutchouc pour l'asphalte et le bois. La quantité d'eau nécessaire varie de 0 l. 50 à 1 litre par mètre carré pour l'asphalte ; elle atteint 1 litre à 2 litres pour le pavage de bois, et peut s'élever de 2 litres à 3 litres pour le pavage en pierre.

Le lavage à vif par l'eau agissant seule pour détacher les matières adhérentes et les pousser aux caniveaux, donne assurément le résultat le plus complet ; mais il n'est praticable que dans les villes disposant d'eau en abondance.

Les lavages doivent être espacés suivant les conditions atmosphériques ; fréquemment renouvelés (Lyon) pendant les périodes d'humidité prolongée (brouillards ou petites pluies), ils ne sont pas à négliger pendant l'été. Il faut les exécuter avec prudence quand la température est voisine de 0°. Ils sont effectués avantageusement aussitôt après une pluie, dont ils complètent l'action lorsqu'elle est insuffisante, ainsi qu'au moment de la fonte des neiges.

Nettoiement des caniveaux. — Les caniveaux sont appelés à recevoir momentanément les produits du balayage des trottoirs et de la chaussée ; fréquemment, les eaux usées des immeubles riverains s'y écoulent également. Cette partie de la voie publique exige un nettoyage soigné et journalier.

Dans les voies fréquentées, il peut être nécessaire une seconde fois, dans le courant de l'après-midi.

Opéré à sec, le résultat obtenu est incomplet et souvent insuf-

fisant : on le constate surtout lorsque le lavage des caniveaux est momentanément suspendu par suite de gelée.

Le lavage est fréquemment laissé à la charge des riverains, qui doivent l'effectuer pendant l'ouverture des bouches de lavage ; ce cas se présente notamment lorsqu'ils ont à balayer la chaussée. Le défaut d'unité d'exécution expose à des résultats défectueux. Aussi est-il préférable que ce travail soit exécuté par les cantonniers ; du reste, c'est ainsi qu'il est généralement procédé dans les grandes villes.

Crottinage. — L'ensemble des opérations qui précèdent constitue la toilette indispensable de la voie publique. Mais un complément est utile, du moins dans les voies les plus fréquentées, ou particulièrement exposées à être salies : le crottinage journalier s'impose surtout pendant les périodes sèches, car l'arrosage, généralement insuffisant pour entretenir une humidité continue, ne peut s'opposer complètement au soulèvement des poussières.

Certains trottoirs eux-mêmes peuvent réclamer des soins supplémentaires dans la journée, soit pour le balayage des papiers ou débris divers, soit pour l'enlèvement de la boue.

Ce second nettoiement partiel est à effectuer, dans le courant de l'après-midi, jusqu'à une heure variable suivant l'intensité de la circulation : à Paris, le service, qui se termine normalement à 4 heures du soir, peut se prolonger dans certaines voies jusqu'à 5 ou 6 heures.

Arrosage. — La quantité d'eau journellement nécessaire pour un arrosement convenable est très variable suivant la situation de la ville, l'époque de l'année, la nature des revêtements, la largeur et l'exposition des voies, et l'importance de la circulation. Aussi ne peut-on indiquer de règles générales, à cet égard.

Un des objets de l'arrosage est d'éviter la poussière résultant d'un nettoiement imparfait ; il doit donc être d'autant plus soigné que le nettoiement est moins complet. Toutefois, comptant sur l'arrosage, on néglige trop facilement le nettoiement pendant la saison chaude ; il convient de réagir contre cette tendance fâcheuse, à laquelle poussent des raisons d'économie.

Les degrés divers que comporte l'arrosement, suivant les besoins, peuvent être obtenus en modifiant le nombre journalier des arrosages, ou la quantité d'eau déversée pendant chaque opération. On ne saurait trop éviter l'exagération de cette dernière, ainsi que les arroseurs tendent à le faire : l'eau projetée

à l'excès s'écoule partiellement au caniveau, en pure perte, et provoque la formation de boue ; du reste, les arrosages trop espacés permettent le soulèvement de la poussière entre deux opérations. C'est par des arrosages légers, sauf à les multiplier, que l'on obtient les résultats les plus satisfaisants.

L'asphalte, revêtement non poreux et lisse, comporte très peu d'eau (0 l. 300 par mètre carré) : moyennant un bon nettoiement avec lavage, il pourrait se passer d'arrosage, sauf dans les voies à circulation active. Le mouillage de ce revêtement peut devenir dangereux, en favorisant le glissement, si la surface n'est pas en bon état de propreté. —

En revanche, l'empierrement exige une quantité d'eau relativement importante (0 l. 90 à 1 litre) : il l'absorbe d'autant plus que la chaussée est moins compacte et en matériaux peu durs.

Sur les pavages de pierre, on peut se contenter d'une intensité moyenne (0 l. 400) qui est à dépasser légèrement (0 l. 500) pour les pavés de bois, en raison de leur porosité.

L'importance de chaque arrosage étant ainsi réglée, leur espacement est à déterminer, dans chaque cas, de façon à assurer le maintien des matières couvrant la chaussée dans un état d'adhérence suffisant pour que les déplacements d'air n'en provoquent pas le soulèvement.

A Paris, le nombre des arrosages journaliers est généralement ainsi réparti :

Avril, Mai, Septembre, Octobre		2 arrosages dans les voies principales; 1 arrosage dans les voies secondaires.
Juin, Juillet, Août.	Pavage ou asphalte.	3 arrosages dans les voies principales; 2 arrosages dans les voies secondaires.
	Empierrement	3 à 4 — — — principales; 2 à 3 — — — secondaires.

Sur de larges voies de luxe, telles que les avenues des Champs-Elysées et du Bois de Boulogne, cinq arrosages peuvent être nécessaires, dont trois dans l'après-midi.

En dehors des mois ci-dessus, un léger arrosage journalier peut être utile, en mars ou novembre. On est même parfois conduit à effectuer sur les empierrements, avec prudence, un arrosage très léger, par température voisine de 0°, pendant une période prolongée de temps sec.

Le minimum de la quantité d'eau à employer journellement, par mètre carré, peut être évalué ainsi :

	Printemps et automne.	Été.
Voies empierrées.	$0^l,90$	$1^l,80$
Pavages en bois	$0^l,50$	$1^l,00$
Pavages en pierre	$0^l,40$	$0^l,80$
Asphalte	$0^l,30$	$0^l.60$

Ces chiffres tendent à être graduellement augmentés, en raison des exigences sans cesse croissantes du public.

Dans ces conditions, il est difficile de laisser aux riverains le soin d'effectuer l'arrosage au droit de leurs immeubles, ainsi qu'il est fait dans certaines villes. Depuis de longues années est oubliée, à Paris, l'ordonnance du 20 juin 1831, d'après laquelle « pendant tout le temps que dureront les chaleurs, les propriétaires sont tenus de faire arroser, au moins une fois par jour, de 11 heures du matin à 2 heures de l'après-midi, la partie de la voie publique au-devant de leurs maisons ». Toutefois, le règlement sanitaire de 1904 spécifie que, pendant la durée des chaleurs, les propriétaires des voies privées sont tenus de les faire arroser, chaque jour, au moins une fois dans l'après-midi. On ne peut faire moins dans les voies à circulation moyenne des grandes villes.

Neiges. — Parmi les opérations que comporte le nettoiement, l'enlèvement de la neige n'est pas à négliger. Celle-ci est nuisible autant par sa présence que par ses conséquences, car sa fusion lente provoque la formation de boue persistante, aussi préjudiciable à la circulation qu'aux chaussées empierrées, surtout lorsque surviennent des gelées. Il importe donc que la neige disparaisse rapidement. Du reste, l'enlèvement en est d'autant plus facile qu'elle a été moins tassée par la circulation.

Le dégagement des trottoirs est généralement laissé à la charge des riverains ; il en est ainsi à Paris, pour une largeur de 4 mètres.

En raison des dépenses importantes qu'exige l'enlèvement de la neige, celle-ci est laissée sur les chaussées, dans beaucoup de villes, jusqu'à ce qu'elle disparaisse naturellement. Une pratique aussi primitive devient inconciliable avec les besoins de la circulation. Dans les voies fréquentées, l'inaction est dangereuse ; il faut, tout au moins, éviter le glissement en semant des cendres

ou du sable. On peut demander aux riverains de balayer une piste et de dégager les caniveaux, car il n'est pas moins utile de faciliter le passage des voitures que d'assurer l'écoulement des eaux dont la stagnation provoque la formation de glace, plus gênante que la neige. Mais il est difficile d'obtenir ainsi une exécution satisfaisante.

Dans les villes soucieuses des intérêts du public, ce dégagement est effectué par les soins de la municipalité. Lorsque la couche est faible et la température supérieure à 0°, le balayage peut être facilité, par un arrosage abondant, qui favorise la fusion. Si la chute est abondante, une piste est ouverte, tout d'abord dans l'axe de la chaussée ; elle est ensuite élargie en retroussant la neige en cordons, sur les revers de la chaussée. Cette opération est suivie du chargement dans des tombereaux et du déversement, soit dans les cours d'eau voisins (Bordeaux, Nantes), soit dans les égouts (Grenoble, Versailles). Lorsque la ville est suffisamment approvisionnée en eau, un déblaiement rapide et économique est obtenu en délayant la neige dans le caniveau, dont l'eau l'entraîne à l'égout (Paris, Rouen, Orléans, Saint-Etienne, Amiens). Mais ce procédé exige un bon réseau d'égouts, une température qui ne soit guère inférieure à 0°, et une exécution prudente pour éviter l'engorgement de l'égout par l'accumulation de neige insuffisamment fondue ; aussi n'est-il généralement employé que concurremment avec les autres.

Un moyen très pratique de faire disparaître la neige est le salage, employé à Paris depuis 1880, et dans plusieurs villes, notamment Amiens, Lille, Nantes, Toulouse, Rouen, Versailles. Le sel égrugé, provenant des salières de l'Est, est répandu à raison de 60 à 200 grammes par mètre carré, suivant l'importance de la chute de neige ; sous l'effet de la circulation, la fusion de la neige est ainsi provoquée, si la température n'est pas inférieure à celle du mélange. Il ne reste ensuite qu'à effectuer l'ébouage.

Pour faciliter l'action du sel, il convient de le semer avant que la circulation n'ait tassé la neige. Si le temps est à la gelée, un léger sablage des caniveaux est utile aussitôt après le lavage.

Des résultats satisfaisants ont également été obtenus, notamment à Lille, en semant un mélange d'une partie de sel pour trois de sable. qui s'oppose au glissement, quand la neige est devenue compacte.

Certaines municipalités sont réfractaires au procédé si expéditif du salage, auquel elles reprochent la boue glacée qu'il provoque, et qui nuit aux chaussures et aux sabots des chevaux. Toutefois, cet inconvénient peut être réduit en effectuant le balayage dès qu'il est possible.

Le salage ne peut être employé, du reste, sur les chaussées empierrées : il en provoquerait la désagrégation. Même réserve pour les trottoirs plantés, en raison de l'action nuisible du sel sur les racines des arbres.

OUTILLAGE

Balai. — Le balayage à bras est généralement pratiqué avec des balais de brindilles ou avec des brosses.

Les premiers sont composés de cimes de bouleau, de tiges de genêt ou autres brins souples et résistants, de 0 m. 75 à 0 m. 90 de longueur, et dont le diamètre ne doit pas dépasser 7 millimètres. Pourvus d'un long manche, ils permettent de balayer légèrement une grande surface, à chaque passe. Ils conviennent particulièrement pour le balayage des trottoirs (environ 1 500 mètres carrés à l'heure) et des chaussées non boueuses (450 à 800 mètres carrés à l'heure).

A demi usés et, par suite, plus raides, ils sont avantageusement employés au nettoyage des caniveaux (environ 200 mètres linéaires à l'heure).

Le balai-brosse est formé de plusieurs loquets en piazzava ou en fibres de bambou, presque perpendiculaires au manche ; la largeur de l'outil est de 0 m. 45 environ. Plus dur que le précédent, il est employé généralement pour l'ébouage (300 à 400 mètres carrés par heure).

Le balai-brosse dit « à résistance facultative » tient avantageusement le milieu entre les deux précédents. Il est composé d'une seule rangée de loquets, plus fournis et plus longs, appuyés sur une tringle transversale dont la distance à la planchette est réglable. On peut ainsi donner aux brins la raideur ou la souplesse qui convient pour un balayage léger, aussi bien que pour l'ébouage. En raison de sa moindre épaisseur, la largeur en est portée à 0 m. 65, tout en conservant un poids normal.

Rabots et raclettes. — Pour l'enlèvement de la boue compacte, il est fait usage de rabots. Les outils en bois, dont l'usure est

irrégulière, sont d'un fonctionnement défectueux ; aussi ont-ils généralement cédé la place aux rabots en tôle d'acier, de 0 m. 30 de largeur, avec lesquels on peut ébouer environ 200 mètres carrés à l'heure.

Sur les revêtements lisses, les raclettes caoutchoutées, de largeur pouvant atteindre 0 m. 80, permettent l'enlèvement rapide de la boue ayant une fluidité suffisante pour ne pas être adhérente; grâce à la continuité de leur surface d'appui sur le sol, elles assurent un nettoiement plus complet que les balais, avec un rendement de 200 mètres carrés sur l'asphalte.

Un perfectionnement de cet instrument, si utile dans les villes, consiste dans des dispositifs divers permettant d'orienter, à volonté, la raclette par rapport au manche, suivant que l'ouvrier veut former un cordon continu ou pousser les produits devant lui.

Balayeuses à chevaux. — Les divers types de balayeuses à chevaux, qui ont été successivement perfectionnés, consistent en un rouleau-brosse d'environ 2 mètres de largeur, dont l'axe est incliné par rapport à l'essieu, et animé d'un mouvement de rotation contraire à celui des roues, de façon à ramener les produits du balayage, en cordon continu, à une extrémité du rouleau. On peut ainsi balayer une surface de 5 500 mètres carrés par heure avec un cheval. Pour obtenir un résultat satisfaisant, la machine doit être munie d'un système de réglage (contrepoids ou ressort) permettant de faire varier la pression sur le sol d'après l'état de la surface de chaussée, et suivant le degré d'usure du balai.

Ce dernier peut être lui-même composé d'éléments plus ou moins raides (piazzava, fibres de bambou ou de rotin) suivant la nature de la chaussée.

Un dernier perfectionnement a consisté dans l'addition d'un tonnelet dont l'eau, s'échappant librement devant le balai, par une rampe percée de trous, humecte la poussière et en réduit aussi le soulèvement. Ce résultat est obtenu, avec un moindre débit d'eau, en envoyant celle-ci par une petite pompe qu'actionne le mécanisme moteur du rouleau, dans une rampe pourvue d'ajustages de pulvérisation. Sur chaussées pavées et revêtements lisses, le balayage est ainsi effectué pendant 30 à 45 minutes sans renouveler l'eau ; mais sur empierrements chargés de poussière, la consommation peut équivaloir à celle d'un arrosage léger.

Pour obtenir un rendement convenable des charretiers con-

duisant les machines, celles-ci peuvent être pourvues de compteurs permettant de connaître le parcours effectué en balayant.

A Paris, afin d'assurer un nettoiement plus complet des pavages en bois et de l'asphalte, par temps boueux ou lors des lavages, on fait usage de raclettes en caoutchouc, portées par un châssis adapté à l'arrière de la balayeuse, et à manches poussés ou sans manches, mais coulissant verticalement dans des glissières.

Dans les localités où les produits du balayage ne peuvent être envoyés à l'égout, les matières sont chargées dans des tombereaux. Pour la boue, ceux-ci sont pourvus de caisses étanches en tôle, dont la forme est parfois demi-cylindrique avec axe de rotation excentré, afin d'en faciliter le basculement.

La main-d'œuvre serait notablement réduite et la poussière soulevée par le chargement se trouverait heureusement supprimée en ayant recours à des balayeuses chargeuses. Un modèle de machine de ce genre (système Haustête) figurait à l'Exposition du premier Congrès (balais fixés sur chaîne sans fin poussant les produits sur un plan incliné, au sommet duquel ils se déversent dans un bac).

Balayeuses automobiles. — En présence des progrès de l'industrie automobile, il semble que la propulsion mécanique pourrait être avantageusement substituée à la traction animale, tout au moins au point de vue de la rapidité d'exécution et, par suite, d'une moindre gêne pour le public. Des essais sont faits, en ce sens, à Paris, avec des machines de divers modèles, composées soit d'un chassis portant le rouleau-brosse et le moteur à essence, soit d'un avant-train automobile traînant le rouleau-brosse auquel peut être substitué un tonneau d'arrosage, soit enfin d'un châssis portant, à la fois, les appareils d'arrosement et de balayage.

Ces trois types de modèles ont donné, jusqu'à présent, des résultats satisfaisants ; chacun paraît susceptible d'application suivant les besoins. Avec leur moteur de 8 à 12 chevaux, l'allure peut atteindre 12 à 15 kilomètres à l'heure ; mais la vitesse moyenne, au milieu de la circulation, est de 7 à 10 kilomètres.

Leur rendement est au moins équivalent à celui de trois balayeuses à cheval, et la qualité du travail est comparable. Les lacunes de balayage, que les cahots dus à la vitesse pourraient produire (notamment en l'absence de bandages caoutchoutés), sont évités au moyen de ressorts maintenant le balai sur la chaussée.

Plusieurs villes (Nice, Rouen, etc.) projettent l'application du balayage par automobiles.

Lavage. — Le lavage des chaussées n'exige pas d'outillage spécial ; il comporte l'emploi combiné des appareils d'arrosage et de balayage.

La lance d'arrosage permet d'utiliser la puissance du jet pour décoller les matières, et de régler plus facilement qu'avec les tonnes la quantité d'eau projetée, suivant les besoins. Quant à la projection d'eau prise dans le caniveau avec des écopes, les municipalités soucieuses d'éviter le gaspillage ont soin de ne pas y recourir. La quantité d'eau utile varie de 0 l. 50 à 1 litre par mètre carré pour l'asphalte ; elle atteint 1 litre à 2 litres pour le pavage de bois, et peut s'élever de 2 litres à 3 litres pour le pavage en pierre chargé de boue consistante.

Le balayage final est à effectuer, autant que possible, avec des rouleaux-brosses, sur pavage en pierre, et avec des raclettes en caoutchouc, pour les revêtements lisses ; lorsque l'usure de ces derniers a rendu leur surface inégale, l'action combinée du rouleau-brosse et des raclettes en caoutchouc est désirable.

Caniveaux. — Pour le nettoyage des caniveaux, il doit être fait emploi de balais durs, surtout lorsque la boue de la chaussée y a été poussée : la brosse ou le balai de bouleau court sont préférables.

Cette opération n'a pas été effectuée, jusqu'à présent, par des moyens mécaniques. Cependant, le temps qu'elle exige rend désirable l'emploi d'un procédé plus rapide et économique. Aussi des essais ont-ils été faits et sont actuellement poursuivis à Paris, en vue de l'établissement d'une balayeuse à cheval pour caniveaux.

Un débit de 100 litres par minute est convenable pour les bouches de lavage.

Crottinage. — Dans les voies à circulation très intense, le nettoiement, difficile à entretenir pendant la journée, exige un second balayage mécanique. C'est dans ce cas que le besoin de balayeuses-chargeuses se fait sentir, car les cordons sont rapidement dispersés, le revers des chaussées est rendu difficilement accessible par les stationnements, et le balayage n'est généralement pas nécessaire sur toute la largeur de la voie. L'engin automobile causant moins d'entrave à la circulation, dont il peut prendre l'allure moyenne, serait particulièrement désirable pour ce travail.

Dans les voies de catégorie moyenne, le crottinage est fait généralement avec le long balai, en poussant les produits dans le caniveau, ou en les déversant, avec la pelle, dans une brouette ou un tombereau à bras. Dans le premier cas, les balayures sont entraînées à l'égout par un second lavage du caniveau, ou ramassées en tas qui sont chargés, le lendemain, dans le tombereau à ordures, ou, l'après-midi, dans des tombereaux spéciaux. L'enlèvement le plus rapide s'impose, et les manipulations dispersant la poussière sont à éviter.

Dans ce dernier but, on emploie parfois des récipients (lutocar) montés sur roues et pourvus d'une pelle-couvercle s'opposant au dégagement de la poussière pendant le déversement. Ces caisses sont amovibles et remplacées, après remplissage, pour être ensuite chargées en tombereau. On évite ainsi des dépôts provisoires de balayures que l'on est fâcheusement obligé d'effectuer parfois sur la voie publique, faute d'autre emplacement.

Au premier Congrès de la Route figurait un tricycle automobile construit en vue du crottinage : un petit rouleau-brosse poussait les balayures dans un récipient amovible. Des machines de ce genre, convenablement mises au point, rendraient de notables services pour l'entretien du nettoiement après le premier balayage.

Enlèvement des ordures ménagères. — Pour l'enlèvement des ordures ménagères, il est fait usage, le plus souvent, de tombereaux découverts, en bois, de toutes hauteurs, généralement à deux roues et à un cheval (à Paris, leur capacité de 6 mètres cubes exige deux chevaux), dans lesquels sont déversées les boîtes à ordures de formes diverses.

Des améliorations sont vivement désirables afin d'éviter la dispersion des ordures avant, pendant et après le chargement. Les boîtes devraient être fermées, avec interdiction d'y pratiquer le chiffonnage lorsqu'elles se trouvent sur la voie publique. Le chargement serait à faciliter soit en employant des tombereaux bas, soit en recourant à des moyens mécaniques. Les voitures devraient être soigneusement couvertes après la collecte ; pendant cette dernière, il conviendrait qu'elles fussent aussi fermées que possible.

L'emploi de monte-charges adaptés derrière le tombereau n'a pas donné de résultats satisfaisants à Paris, en raison de la lenteur relative du chargement. Des voitures ont été construites avec caisse en tôle, assurant mieux l'étanchéité ; la hauteur en

a été réduite successivement à 2 mètres, 1 m. 90 et 1 m. 70. Quant à la couverture, elle est généralement constituée par une bâche mise en place à la fin de la collecte. Des essais sont effectués avec des couvercles en tôle ou en bois pouvant être rabattus ou superposés totalement ou en partie pendant l'itinéraire. Plusieurs villes cherchent à apporter des améliorations dans ce matériel spécial de transport : Saint-Etienne étudie un tombereau à quatre roues et deux chevaux, avec caisse en tôle et couvercle à glissement, se déchargeant par l'arrière ; Lyon essaie des tombereaux couverts avec boîtes à ordures à couvercles coulissant et ne laissant passer aucune poussière pendant le déchargement ; Rouen projette le déversement des boîtes à ordures dans des caisses en tôle de 500 litres montées sur deux roues, poussées par deux hommes, et conduites, après remplissage, dans un dépôt voisin, où elles seraient chargées sur un camion automobile, lequel servirait d'arroseuse en revenant de l'usine d'incinération. A Paris, divers systèmes de tombereaux automobiles sont à l'étude ; le double objectif est de permettre le déversement des boîtes à un niveau aussi bas que possible, et de réaliser une caisse complètement fermée ; ce résultat peut être obtenu au moyen d'un tapis roulant incliné ou de caisses animées d'un mouvement continu ou alternatif, élevant et déversant les matières dans une caisse fermée.

Neige. — Lorsque la température est supérieure à 0°, la fusion de la neige sur chaussée peut être activée par projection d'eau.

On a cherché également à utiliser l'eau ou la vapeur pour faire fondre la neige retirée de la chaussée ; mais les résultats ont été peu satisfaisants, en raison de la grande quantité d'eau nécessaire ou d'une dépense importante en combustible et en main-d'œuvre. Le moyen mixte d'évacuation (fusion partielle et entraînement par l'eau des caniveaux) est le plus pratique quand le réseau souterrain le permet.

Si la température est à la gelée, et la neige peu épaisse et attaquée avant d'être piétinée, elle est déblayée avec des balais à bras ou mieux par des machines balayeuses. Pour obtenir plus d'action, on peut mélanger quelques fils d'acier au piazzava du rouleau-brosse. Néanmoins, dès que la neige atteint plus de cinq centimètres, le bourrelet qu'elle forme devient trop important ; le balai se garnit de neige durcie, et, perdant son élasticité, il lisse la neige sur le sol au lieu de la réunir en cordon.

Dès lors, il faut recourir au rabotage à bras ou à la machine. Dans ce dernier cas, on emploie des triangles chasse-neige, traînés par des chevaux, présentant à la pointe un angle de 50°, et qui ouvrent une piste de 2 mètres à 3 m. 50, en repoussant la neige sur les bords. L'élargissement est ensuite effectué au rabot. Une couche de neige compacte reste ainsi généralement adhérente au sol ; on a cherché à l'éviter, à Paris, en adaptant sur les côtés du chasse-neige des balais courts et durs ; néanmoins, ce procédé est peu employé depuis qu'il est fait usage du sel.

Sur les empierrements, le sel étant proscrit, un chasse-neige primitif, mais assez pratique, employé à Nancy, consiste en un madrier de champ, incliné comme un rouleau-brosse, traîné par un cheval et dirigé par un homme, au moyen d'un brancard. A Paris, il est fait usage d'une machine à deux roues, munie de 12 racloirs de 0 m. 28 de largeur et 0 m. 37 de hauteur, à manches tirés, pouvant suivre les inégalités du sol, et qui, ramassant la neige en un seul cordon latéral, permettent d'ouvrir une première piste de 2 mètres, élargie ensuite par des passages alternatifs.

L'adaptation de racloirs ainsi disposés sous une automobile est à l'étude.

D'autre part, les compagnies de tramways peuvent dégager leurs voies avec des balayeuses électriques (Thomson-Houston), armées de 2 balais rotatifs en jonc, inclinés environ à 45°, et actionnées par un moteur distinct de celui de translation, de façon à obtenir une vitesse de rotation variable suivant l'importance de la neige (Paris).

Quant au salage, il est généralement effectué à la pelle. Néanmoins, on emploie également (Paris, Versailles) des saleuses permettant une exécution plus rapide, et consistant en un réservoir à sel d'où ce dernier tombe sur un plateau animé d'un mouvement rotatif rapide, pour projeter le sel sur toute la largeur de la chaussée ; la rotation est produite par la translation. Ces saleuses peuvent être traînées à bras ; mais elles sont plutôt attelées derrière un tombereau rempli de sel, portant un homme qui remplit continuellement la saleuse. Des tombereaux spéciaux portant eux-mêmes le plateau de dispersion seraient d'un emploi plus pratique.

Une compagnie de tramways emploie, pour saler ses voies,

des machines du type des semeuses, laissant tomber le sel en nappe verticale.

Arrosage à la lance. — Les tuyaux d'arrosement sont généralement composés de tubes en fer de 2 mètres de long et 0 m. 035 de diamètre, réunis par des jonctions en cuir ou caoutchouc, et supportés par des traverses sur roulettes ou boules en fonte d'acier. La lance d'extrémité est en cuivre, en fonte d'acier ou en métal blanc : l'emploi de ces derniers métaux réduit les risques de vol. La longueur totale peut atteindre 10 à 15 mètres, pour permettre, suivant la pression, un espacement de 30 à 50 mètres des prises d'eau, dont le débit est assez différent suivant les localités : il varie de 60 litres à 250 litres par minute ; un débit de 100 litres à 150 litres paraît le plus convenable pour éviter un excès d'eau.

Pendant les périodes de gelées, l'eau contenue dans le branchement est évacuée pour éviter les ruptures. Certaines bouches sont disposées de façon à réaliser automatiquement cette évacuation après chaque arrosage.

Quant aux lances, elles se terminent généralement par un ajutage conique. La dispersion de l'eau est produite avec le doigt. Parfois, cet effet est obtenu en disposant, à l'orifice, un clou à section carrée ou un disque, mobile lui-même autour d'une charnière.

Arrosage au tonneau à cheval ou à bras.

Aux tonneaux en bois assujettis sur châssis en bois reposant directement sur l'essieu sont substituées des tonnes métalliques portées par des ressorts. On a obtenu ainsi l'étanchéité et une réduction de l'effort de traction ou une augmentation de la capacité ; celle-ci varie de 750 litres à 1 400 litres suivant la pente des voies.

Le robinet est généralement manœuvré à l'aide d'un levier ; toutefois, ce dernier tend à être remplacé par une pédale laissant au charretier la libre disposition de ses mains pour conduire le cheval.

La dispersion de l'eau est obtenue, le plus souvent, à l'aide d'une rampe courbe, placée à 0 m. 50 environ au-dessus du sol, et percée de trous. La largeur arrosée varie de 5 m. 50 à 3 m. 50, suivant la hauteur de l'eau.

Certains appareils sont munis de deux rampes superposées pouvant être en service individuellement ou simultanément. Dans d'autres, la rampe est interrompue au milieu, pour permettre, au besoin, l'arrosage sur une demi-largeur. Parfois, l'eau tombe sur un disque qui disperse l'eau en éventail.

Au premier Congrès de la Route figurait un tonneau muni d'un dispositif (pompes actionnées par les roues) réglant automatiquement le débit d'après les variations d'allure ; l'inclinaison du disque distributeur lui-même pouvait être modifiée suivant l'intensité nécessaire.

La ville de Paris emploie des boîtes d'arrosement cylindriques, à débit réglable au moyen d'un piston se déplaçant dans la boîte et démasquant ainsi un nombre de trous variable suivant les besoins ; dans un dernier modèle, le piston est actionné par pédale.

Le débit des prises d'eau doit être supérieur à celui des bouches d'arrosement, et porté au moins à 200 litres, de façon à activer le remplissage des tonnes. Leur répartition étant convenablement établie pour réduire les parcours à vide, un tonneau peut être vidé 15 à 20 fois dans une journée, soit environ 50 000 mètres carrés mouillés par jour, à raison de 0 l. 400 à 0 l. 500 par mètre carré.

Les tonnes à bras, contenant de 200 à 250 litres, sont avantageusement employées sur les contre-allées et même sur les chaussées asphaltées, qui exigent peu d'arrosage et un faible effort de traction.

Arroseuses automobiles. — En 1903, un tonneau à vapeur contenant 5 mètres cubes d'eau a été construit pour l'arrosage de l'avenue du Bois de Boulogne, à Paris. L'eau est envoyée par une pompe centrifuge dans les boîtes pouvant arroser 10 à 12 mètres de largeur, à l'allure moyenne de 9 kilomètres à l'heure. La machine arrose ainsi journellement une surface de 173 000 mètres carrés, soit plus de trois fois le travail d'un tonneau à cheval.

La ville de Paris a fait monter ensuite, à titre d'essai comparatif, une balayeuse-arroseuse avec moteur à essence de 24 chevaux ; les roues sont pourvues de bandages en caoutchouc plein ; la tonne contient 2 600 litres, et le rouleau-brosse, placé entre les essieux, donne un trait de 1 m. 80 de largeur ; le dispositif d'arrosage est semblable à celui de l'appareil à vapeur ; deux rampes droites, placées devant le rouleau-brosse, permettent

la pulvérisation pendant le balayage à sec. L'allure peut atteindre 14 à 15 kilomètres à l'heure ; mais, en raison de la gêne causée par la circulation générale, la vitesse moyenne en travail est de 5 500 à 9 000 mètres pour le balayage matinal, et 6 500 à 7 500 mètres pour l'arrosage dans la journée. La machine effectue aisément le travail de trois attelages.

Plusieurs villes (Versailles, Saint-Ouen, Nice) emploient l'arroseuse automobile, ou sont sur le point de s'en servir.

Dans les voies urbaines où circulent des tramways, les arroseuses sur rails, empruntant la force motrice du tramway, semblent appelées à rendre d'excellents services. Des tonnes pouvant contenir 7 000 à 18 000 litres circulent ainsi à Lyon, Angoulême, Bordeaux, Nice, Nancy et Marseille. L'eau est projetée sur une largeur pouvant atteindre jusqu'à 10 et 15 mètres, au moyen d'un moteur électrique actionnant une pompe. La largeur arrosée est réglée au moyen de manettes modifiant la position relative de deux fentes demi-circulaires ménagées sur les parois de deux pièces concentriques constituant chaque éjecteur.

PRIX DE REVIENT

Les crédits annuellement affectés par les villes au nettoiement et à l'arrosement sont essentiellement variables suivant l'importance des localités et leur situation, la nature de la circulation et les ressources dont elles peuvent disposer.

Dans les villes les plus importantes, le prix de revient annuel varie de 0 fr. 50 par mètre carré ; pour certaines autres il descend à 0 fr. 20 et même à 0 fr. 10. A Paris, ce prix atteint 0 fr. 77 ; il se réduit à 0 fr. 493 en déduisant l'enlèvement des ordures ménagères dont le cube atteint annuellement 1 369 997 mètres cubes (pour 2 763 393 habitants) et représente une dépense de 2 fr. 76 par mètre cube, notablement supérieure à celle des autres villes (Nancy, 1 fr. 64 ; Toulouse, 1 fr. 94 ; Lyon, 0 fr. 54), en raison des difficultés d'évacuation.

Quant à l'arrosement, le prix annuel en varie de 0 fr. 02 à 0 fr. 04 par mètre carré arrosé.

Vu les exigences croissantes de la circulation et de l'hygiène, et en présence des causes multiples d'augmentation des budgets municipaux, les villes ont à étudier avec soin les moyens les plus économiques de donner satisfaction au public.

Balayage. — Si l'on compare le prix de revient du balayage soigné, à bras, avec le même travail effectué par une machine hippomobile, le cheval et son conducteur fussent-ils payés 13 francs par jour, et le balayeur seulement 3 francs, la machine, qui produit plus de six fois le travail d'un homme, donne lieu à un prix considérablement moindre. La supériorité s'accentue quand la chaussée est boueuse : seules, en pareil cas, les machines peuvent permettre un nettoiement complet et pratique. Aussi est-ce particulièrement dans ce cas qu'il en est fait emploi. Il y aurait économie à les utiliser en tout temps, non seulement pour les voies principales, ainsi qu'il est pratiqué dans un certain nombre de localités, mais pour toutes celles où un balayage sommaire ne peut suffire.

Peut-on compter sur de nouveaux avantages avec les machines à propulsion mécanique ? Les résultats obtenus jusqu'à présent sont encourageants, bien que la nouveauté de ces appareils ne permette pas encore d'évaluer les dépenses moyennes d'entretien. Une balayeuse automobile ne semble pas devoir entraîner une dépense supérieure à 28 francs (1) par journée de travail, y compris l'entretien et l'amortissement, alors qu'elle dépasse le rendement de trois machines à cheval coûtant généralement plus cher.

Arrosement. — Pour l'arrosement, la comparaison entre la lance et le tonneau fait pencher la balance en faveur de l'une ou de l'autre, suivant les conditions locales. Aussi certaines villes font-elles presque exclusivement emploi de la lance (Amiens, Nice, Marseille, Grenoble, Lyon), alors que d'autres préfèrent le tonneau (Brest, Bordeaux, Lille, Tours, Nantes, Rouen, Nancy).

Tandis qu'à Nice un homme arrose 5 500 mètres carrés à l'heure, à raison de 0 l. 50 à 0 l. 60 par mètre carré, avec des lances débitant 200 litres par minute, et prises espacées de 40 mètres, nous n'avons obtenu que près de 2 300 mètres carrés, à raison de 0 l. 800 à 1 l. 200 sur l'avenue du Bois de Boulogne, où les bouches ne débitent que 60 à 65 litres. Avec des bouches

(1) Avec un moteur de 12 chevaux, une consommation kilométrique de $0^{l},300$ à $0^{l},390$, et un parcours journalier d'environ 60 km., les dépenses peuvent être évaluées ainsi :

Essence : 20 lit. à 0 fr. 40 (octroi non compris)	$8^{f},00$	$24^{f},10$
Graissage	$1^{f},10$	
Mécanicien	$10^{f},00$	
Entretien et amortissement	$5^{f},00$	

Cette dépense serait à porter à 28 fr. pour la balayeuse avec avant-train automoteur pourvu de roues à bandages en caoutchouc.

débitant 100 litres, on peut arroser 4 800 mètres carrés à l'heure sur pavage (0 l. 500), et 3 400 mètres carrés sur empierrement (1 litre), soit une moyenne de 4 100 mètres carrés.

Pour les tonnes à cheval contenant 1 200 litres, on peut compter 25 à 30 minutes entre deux remplissages, avec une surface de 2 400 mètres carrés, arrosée à 0 l. 500 par mètre carré, soit environ 5 200 mètres carrés à l'heure.

La journée d'un cheval avec charretier étant deux à trois fois plus coûteuse que celle d'un arroseur, le prix de revient de l'arrosage au tonneau est donc généralement plus élevé qu'à la lance. Toutefois, l'écart peut s'effacer pour les voies de largeur normale, où le temps passé au déplacement et à l'installation de l'appareil devient important relativement à la durée de l'arrosage.

Avec un tonneau automobile alimenté par des prises à fort débit (700 à 800 litres) convenablement espacées, on peut produire le travail de plus de 3 tonnes à chevaux. Un tonneau à vapeur de 5 000 litres donne lieu aux dépenses journalières suivantes :

Combustible	6h de coke à 1f,50	9f,00	21f,00
	Margotins pour l'allumage	0f,50	
Graissage		1f,50	
Mécanicien.		10f,00	

A cette somme sont à ajouter l'entretien et l'amortissement, non encore établis, mais qu'on peut évaluer à 12 francs. Le prix de revient (33 francs) est donc inférieur à celui que l'on obtient généralement avec les chevaux, notamment à Paris, où un cheval avec son conducteur revient à plus de 13 francs.

Avec l'arroseuse dont le moteur est à essence, une journée complète d'arrosage coûte :

Essence : 20l à 0f,40 (octroi non compris) . .	8f,00	19f25 (1)
Graissage	1f,25	
Mécanicien	10f,00	

L'entretien des doubles bandages pleins en caoutchouc dont

(1) Lorsque la balayeuse-arroseuse est occupée uniquement au balayage, pendant toute la journée, l'augmentation de kilomètres parcourus accroît la dépense d'environ 2 francs.

est pourvue cette machine donne lieu à une dépense importante (environ 0 fr. 16 par kilomètre, soit 6 francs par jour). En admettant 15 francs pour l'entretien et l'amortissement, encore très incertains, le prix de revient journalier (34 francs), tout en étant légèrement supérieur à celui de l'arroseuse à vapeur, reste inférieur à celui des 3 tonnes à cheval.

Il peut être avantageux de recourir aux compagnies de tramways pour assurer l'arrosage avec automotrices sur rails, ainsi qu'il est fait à Bordeaux, Marseille, Nice, Angoulême et Nancy ; dans cette dernière ville, 30 kilomètres de rues sont arrosées, deux fois par jour, du 1er avril au 1er octobre, pour la somme de 15 000 francs, donnant un prix de revient plus économique qu'avec les tonnes à chevaux.

Ordures ménagères. — Dans le prix de revient de l'enlèvement des ordures ménagères, la distance de transport intervient pour la plus grande part ; aussi le mode de collecte, seul élément intéressant la voie publique, n'a-t-il qu'une faible influence.

Toute mesure contribuant à faciliter le chargement permet de réaliser une économie : ainsi, à Paris, la durée de la collecte qui dépasse 2 heures pour remplir un tombereau contenant 6 mètres cubes à 6 mc 500 et pouvant atteindre 2 m. 30 de hauteur, est réduite de 20 minutes avec des voitures de même capacité n'ayant que 1 m. 90 à 1 m. 70 de hauteur

En employant le camion automobile, des expériences ont montré que l'économie de temps réalisée pendant la collecte, dont l'allure est nécessairement modérée, ne serait pas suffisante pour compenser l'augmentation des frais de traction. Aussi la propulsion mécanique ne peut-elle être avantageusement appliquée qu'au cas de transports à grande distance aux lieux de dépôt ou de traitement.

Neige. — Pour l'enlèvement de la neige, le sel, employé à raison de 60 à 200 grammes par mètre carré, et coûtant 32 fr. 50 la tonne, permet ensuite le déblaiement par simple balayage, moyennant un prix notablement inférieur à tout autre, car il dispense des frais importants qu'exige l'évacuation de la neige.

Quand le sel ne peut être employé, il est économique, comme on l'a montré pour le nettoiement courant, d'avoir recours aux machines à traction animale ou à propulsion mécanique, de préférence à la main-d'œuvre à bras. Ainsi notre chasse-neige à rabots permet de dégager une première piste de 2 mètres sur

2 kil. 500 à 3 kilomètres de longueur, en une heure, avec 4 chevaux, d'où un prix de revient de 0 fr. 0017 par mètre carré, alors que le même travail effectué à bras coûterait la moitié en plus.

RÉSUMÉ

Le nettoiement des voies publiques, utile dans la campagne, devient une nécessité dans les villes. Il est du plus grand intérêt pour l'entretien des chaussées, la commodité et la sécurité de la circulation, et l'hygiène des habitants.

Il en est de même en ce qui concerne l'arrosement qui permet, à la fois, de combattre la poussière et de contribuer au bien-être par la fraîcheur qu'il procure.

Le nettoiement doit être assuré par les moyens les plus efficaces, et renouvelé autant que l'exige l'importance de la circulation.

Qu'il s'agisse de l'enlèvement des ordures ménagères ou du balayage, il convient que ces opérations soient exécutées à une heure matinale, si ce n'est pendant la nuit.

Le déversement d'ordures sur la voie publique doit être soigneusement évité, et le balayage effectué par les soins des municipalités, plutôt que par les riverains, sauf recouvrement des dépenses sur ces derniers, au moyen de taxes.

Même conclusion pour le dégagement des neiges sur chaussée, qu'il convient d'effectuer avant durcissement.

Le balayage humide, c'est-à-dire précédé d'arrosage ou de pulvérisation d'eau, doit être pratiqué, à l'exclusion du balayage à sec, gênant et anti-hygiénique.

Les lavages, étant particulièrement efficaces, sont à exécuter aussi souvent que possible, dans les voies fréquentées.

L'arrosage est à pratiquer et à renouveler de façon à s'opposer au soulèvement de poussière, tout en évitant un excès d'eau, et sans compter sur cette opération pour restreindre le nettoiement.

Les moyens d'exécution mécaniques présentent le plus d'avantages, au point de vue de la rapidité et de l'économie. Pour le nettoiement (balayage et ordures ménagères), il convient de rechercher particulièrement ceux qui s'opposent à la dispersion des matières et qui en permettent le prompt enlèvement,

(balayeuses-arroseuses, balayeuses-chargeuses, caisses et boîtes fermées, etc.).

Pour l'arrosage, le tonneau peut donner lieu à un prix de revient supérieur à la lance ; néanmoins, l'emploi en est préférable, à cause de la régularité de l'arrosement et de la moindre gêne qu'il cause à la circulation.

En temps de neige, le sel permet d'exécuter rapidement et économiquement le dégagement de la voie publique. Sur les chaussées empierrées, les machines à rabots sont plus efficaces que les chasse-neige triangulaires.

D'une façon générale, le matériel à propulsion mécanique peut être employé avantageusement, dès à présent, et paraît appelé à être graduellement substitué au matériel hippomobile, suivant la réalisation progressive des améliorations qu'il comporte actuellement.

CONCLUSIONS

Dans les grandes villes, il est nécessaire de donner des soins spéciaux au nettoiement et à l'arrosement.

Les lavages et les balayages par procédés mécaniques sont particulièrement recommandés, avec exécution à l'heure la plus matinale.

Les arrosages doivent être légers et fréquents.

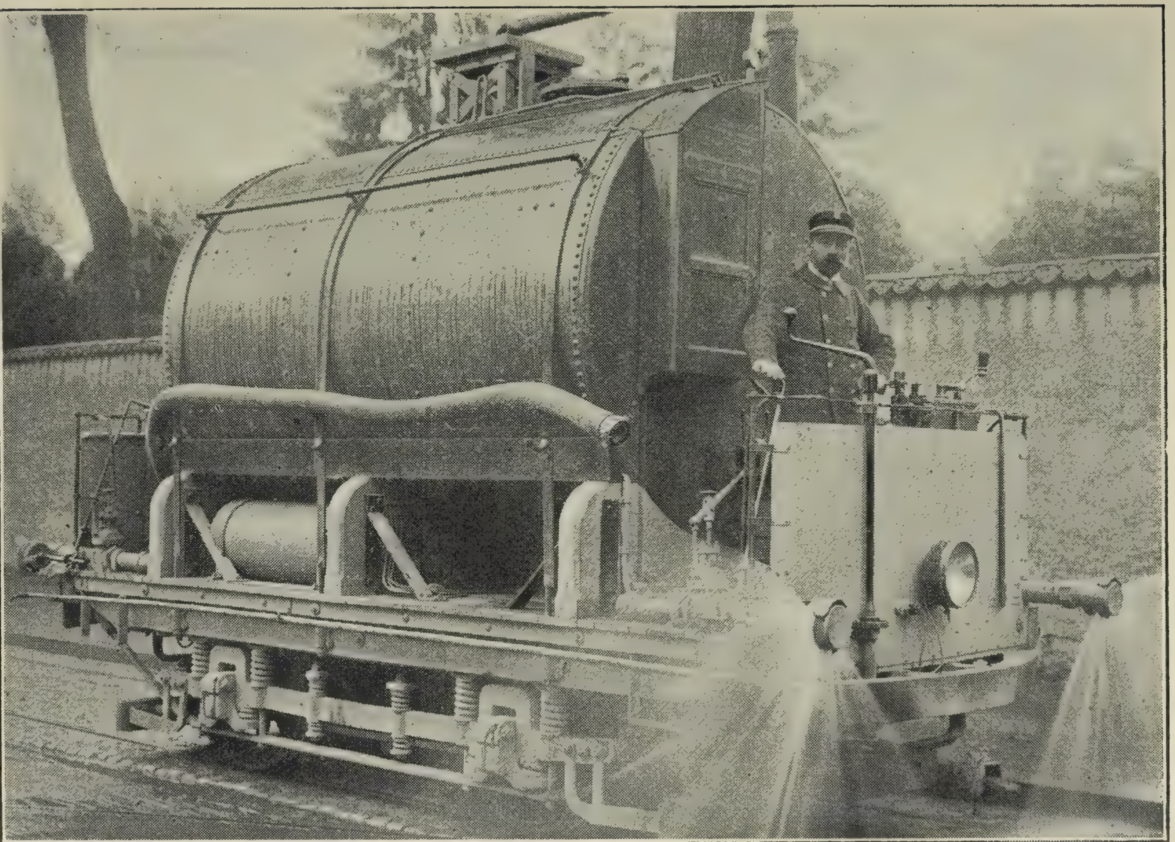
Des améliorations sont à rechercher dans l'outillage, en vue d'assurer le nettoiement le plus complet avec le moins de gêne pour le public.

Les machines automobiles sont appelées à être employées avantageusement pour le nettoiement et l'arrosage des grandes villes.

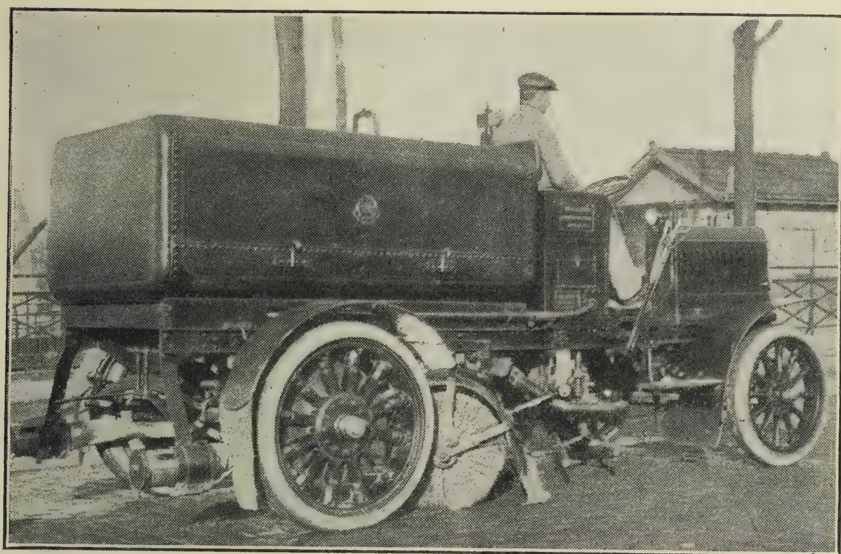
E. BRET

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
au Service municipal de Paris.

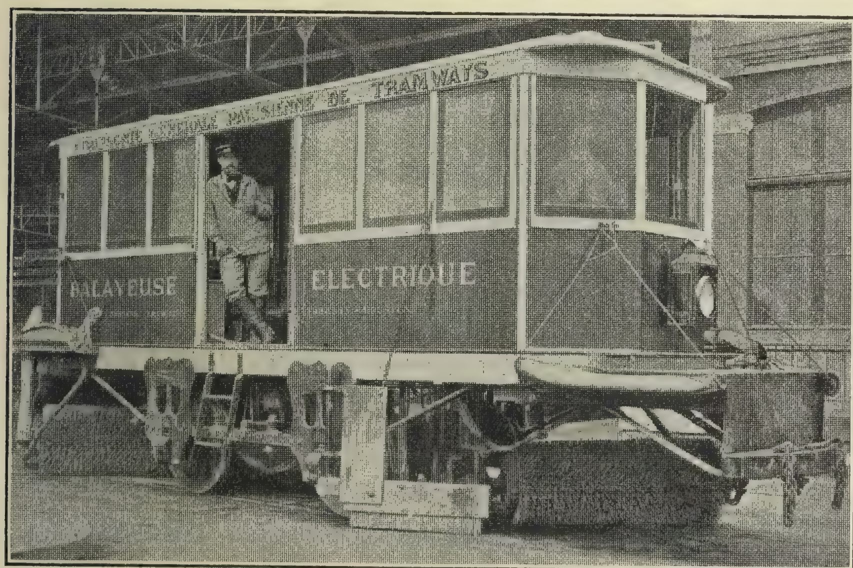
65805. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.



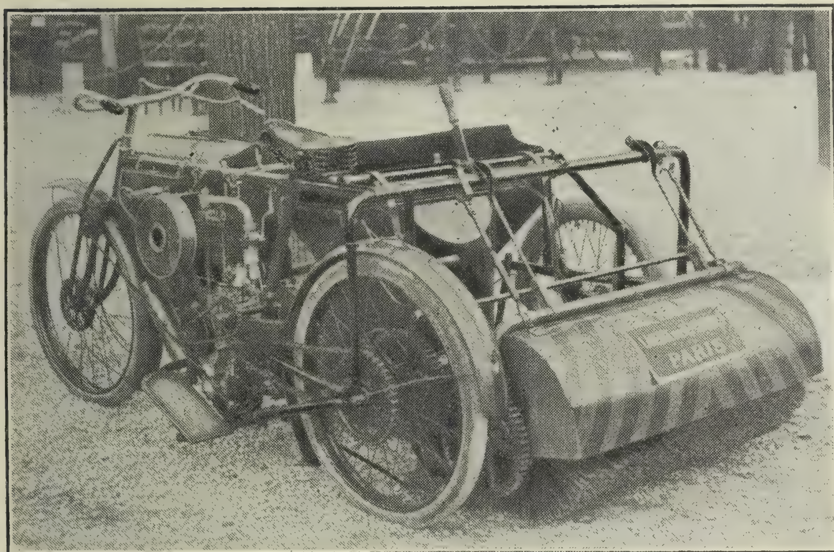
Arroseuse électrique avec eau sous pression (Ville de Nancy)



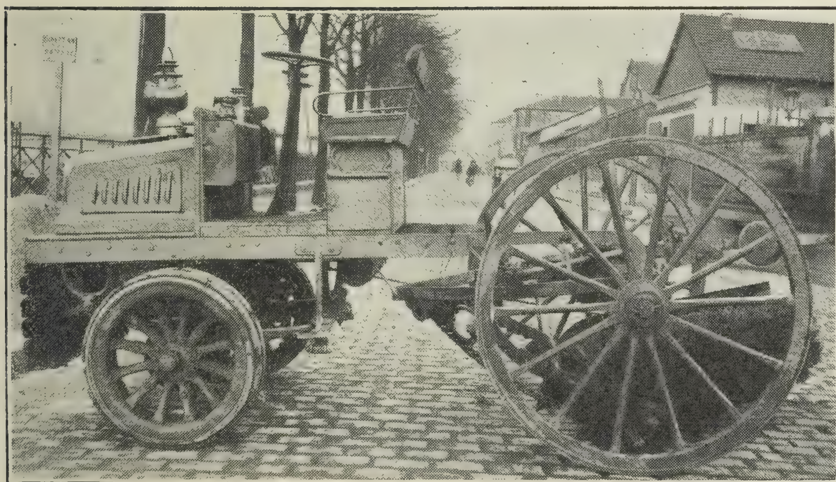
Balayeuse-arroseuse avec moteur à essence (Ville de Paris)



Balayeuse électrique



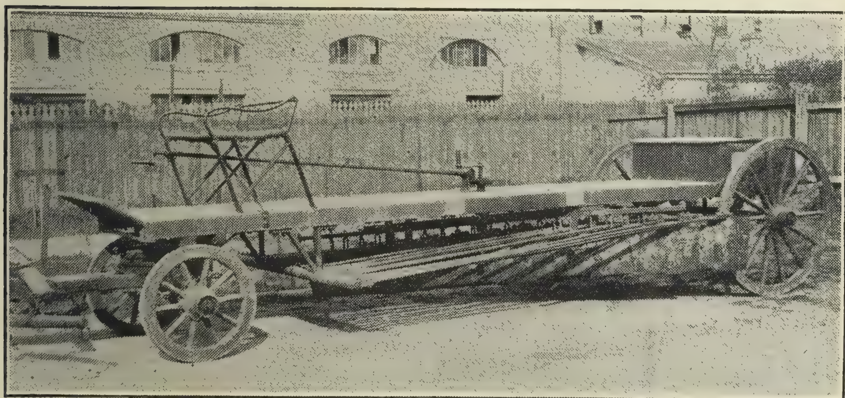
Crottineuse automobile



Avant-train automobile avec balayeuse (Ville de Paris)



Balayeuse automobile (Ville de Paris)



Raboteuse pour neige (Ville de Paris)



Lutocar avec pelle-couvercle

34

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT
PAR

T. H. YABBICOM
M. Inst. C. E.
City Engineer
Bristol

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NETTOYAGE ET ARROSAGE DES RUES
dans les grandes villes d'Angleterre, d'Écosse et d'Irlande

Le nettoyage des rues de nos grandes villes s'effectue, depuis le commencement de ce siècle, avec un esprit de méthode et une perfection que nos prédécesseurs immédiats n'ont point connus. Il fut un temps où les efforts tentés en cette matière par les autorités locales leur valaient des félicitations empressées ; la multiplicité des automobiles rapides, accompagnées chacune d'un ténébreux nuage de poussière suffocante et irritante, a fait de ces efforts une nécessité absolue impérieusement réclamée par d'impatientes victimes. Si la limitation de la vitesse pour les automobiles dans les villes à circulation intense peut être considérée comme ayant atteint son maximum, le nombre de ces véhicules ne cesse de s'accroître ; d'autre part, leur poids, et par suite, les effets d'écrasement des matériaux de la route, peuvent bien n'en être qu'à leurs débuts, à moins, toutefois, que le législateur n'intervienne pour prévenir la destruction des chaussées.

Comme on ne peut, naturellement, procéder qu'à grands frais au nettoyage régulier et méthodique de la voirie, il y a lieu, tout d'abord, d'examiner si cette dépense est nécessaire et s'il en résultera pour le public un regain de bien-être et une certaine élimination des germes pathogènes.

Autrefois, avant l'apparition de l'hygiéniste et la révélation du microbe, les habitants de nos vieilles cités se débarrassaient du gros de leurs ordures ménagères en les jetant simplement à la rue ; quelques-unes étaient emportées par les chiens ou les porcs ; le reste était foulé aux pieds dans la boue, et s'évacuait sans doute à la première averse. Heureuse était la ville dont

les rues présentaient de fortes déclivités et se trouvaient abondamment pourvues d'eau. Nous connaissons une ville de l'ouest de l'Angleterre où des fontaines situées au haut de la principale rue fournissaient, il y a un demi-siècle, un filet d'eau constant qui descendait les ruisseaux. Les habitants pouvaient-ils demander rien de plus que de faire balayer dans les ruisseaux les feuilles de choux, les têtes de poissons et le crottin des chevaux, pour les voir entraîner par l'eau dans la rivière qui coulait au bas de la ville ? Mais la plupart des localités n'étaient pas aussi généreusement favorisées par la nature : aussi, l'hiver, les déchets se transformaient-ils en fange, et l'été, s'envolaient-ils avec la poussière. Même à Londres, vers la fin du XVIIIe siècle, alors que les voitures étaient peu nombreuses et que les chaises à porteurs constituaient le refuge de l'aristocratie contre les saletés de la rue, la boue défrayait les nouvelles du jour, avec le tort qu'elle faisait aux bas de soie des petits-maîtres et aux jupons de dentelle des dames, chaque fois qu'on sortait en foule du théâtre ou du club, par une nuit pluvieuse, et que les chaises faisaient prime. Comme, en ce temps-là, la surface de la chaussée était quelque peu raboteuse et que les porteurs pouvaient avoir passé leurs loisirs dans quelque auberge voisine, il arrivait que l'infortunée cliente pataugeait dans un cloaque de boue liquide, au grand dam de ses élégants atours. Encore ces petits malheurs n'affligeaient-ils que la minorité, et comme la masse allait à ses affaires en gros souliers, le perfectionnement du nettoyage ne devait-il pas être rapide.

La réglementation du nettoyage des rues, en Grande-Bretagne et en Irlande, a plutôt, encore actuellement, un caractère facultatif qu'impératif, et tel il paraît avoir été depuis des siècles. A l'occasion, quand les chaussées devenaient si mauvaises qu'elles étaient impraticables, un édit était rendu sur un ton draconien, si draconien qu'il restait lettre morte. Evidemment, point n'était besoin de faire des réglements sanitaires dans un temps où l'Etat était trop absorbé soit par les guerres de l'extérieur, soit par les luttes intestines, pour les mettre sérieusement à l'étude ou pour en assurer l'application. Comme, à l'origine, le gouvernement consistait à faire adopter par le peuple ou par ses représentants des dispositions protectrices de la vie et de la propriété, et comme la défense de ces biens absorbait le plus clair du temps et de l'activité de l'homme du moyen âge, il est probable qu'on a surtout laissé à l'initiative

locale, alors comme aujourd'hui, le soin de lutter contre la boue et les fléaux qui forment son cortège.

Dans son *Traité d'Economie politique*, John Stuart Mill soutient qu'on ne doit rien remettre à l'Etat de ce qui peut être fait par les individus spontanément. D'autre part, il est évident que, si ce qui doit être fait est nécessaire pour le bien-être commun et ne peut être réalisé que par l'union des efforts, il faut édicter et faire exécuter des dispositions à cet effet, soit en coordonnant les efforts, soit en obligeant l'individu à faire ce qu'il y aurait danger pour ses voisins de voir négliger.

Dès le XIIIe siècle, une loi écossaise interdit de déposer du fumier ou des cendres le long des rues ou sur les berges de la Tweed, à Berwick, sous peine de 8 shillings d'amende, ce qui représente presque autant de livres à l'époque actuelle.

Au XIVe siècle, l'Europe subit les ravages de la peste communément appelée « peste noire ». Plus de la moitié de la population anglaise en mourut : le fléau s'acharnait plus particulièrement sur les grandes villes, dont les rues fangeuses et détrempées devenaient des foyers d'infection. Une législation de panique s'ensuivit, qui cessa d'être appliquée quand la terreur fut passée. La peste s'abattit d'autres fois sur le pays avec moins de gravité, et un édit draconien fut promulgué pour le bien de la Cité de Londres au XVIe siècle. La feuille 15 du Registre de l'Hôtel-de-Ville nous apprend que les boueux, constables et hommes du guet reçurent l'ordre sanctionné « par la peine de mort », de veiller à ce que toutes les rues et cours soient nettes de tout fumier, gravois et autres immondices et matières corrompues. Il n'apparaît pas qu'à cette époque, un infortuné « surveillant de nettoyage » ait eu à subir la peine capitale pour avoir failli à son devoir ; d'ailleurs, il est probable qu'un événement de cette importance n'aurait guère attiré l'attention en un temps où le bûcher, la hart et la décapitation se voyaient souvent.

En 1662, année qui vit naître la « Société Royale pour l'avancement des sciences naturelles », les rues de Londres étaient en si mauvais état qu'on nomma des commissaires pour améliorer la voirie. Ils se réunirent au moins trois fois, et ordonnèrent de paver la rue partant de « Saint-James Worth », qui était alors une fondrière, ainsi que le marché au foin, près de Piccadilly. Ils se mirent aussi d'accord sur des instructions qui seraient imprimées et publiées pour réformer les procédés

de nettoyage des rues. Il appert de leur décision que le nettoyage devait être confié aux soins des riverains des rues.

L'épidémie qu'on a appelée le « grand fléau de Londres » s'abattit sur la capitale et sur beaucoup d'autres villes d'Angleterre en 1665. Oxford fut presque la seule ville qui se trouva épargnée, immunité que l'on attribua même alors à la propreté et au bon asséchement de ses rues. Le lord-maire de Londres rendit une ordonnance portant ce qui suit : « Nous considérons qu'il est nécessaire, et nous ordonnons, que tout tenancier d'une maison mette chaque jour la rue en état devant sa porte et la maintienne proprement balayée toute la semaine. » Il n'apparaît pas, toutefois, que le lord-maire ait pris des dispositions en qualité de magistrat, pour faire observer cette prescription. Le fléau s'apaisa et, l'année suivante, la ville eut à subir une gigantesque désinfection par le fait du grand incendie de Londres.

La loi de 1700 relative « au pavage, à l'éclairage et au balayage », exigea des propriétaires qu'ils nettoyassent la rue en face de leur habitation.

Si les rues de la capitale étaient alors en un si piteux état, il n'y a pas lieu de s'étonner que les routes reliant deux villes entre elles fussent presque impraticables. Chaque paroisse était tenue de réparer les chaussées qui la traversaient en imposant, d'une part, six jours de corvée par an aux paysans et, d'autre part, une taxe paroissiale.

On ne doit pas être surpris qu'on ne pensât même pas à nettoyer la chaussée, quand on songe qu'il fallait six chevaux pour traîner un tombereau, et encore, à six, ne suffisaient-ils pas toujours pour le démarrer de la boue. Il n'y avait pas de haies et le tracé de la route devait être bien peu sûr, car on trouve souvent, parmi les dépenses des voyageurs, des rémunérations payées à des personnes faisant fonction de guides.

Au XVIIIe siècle, un édit rendu en Irlande défendit de déposer des ordures dans les rues des cités et villes de province, et réglementa le balayage et l'ébouage ; mais, si l'on s'en rapporte aux écrivains de l'époque, il ne semble pas que les mesures nécessaires pour donner suite aux vues des auteurs de l'édit aient été prises.

Mais, vers le milieu du XIXe siècle, un terrible vengeur du délaissement où se trouvait le culte de la déesse Hygie parcou-

rut l'Europe, revendiquant ses victimes par centaines de milliers. Les guerres de la première moitié du siècle avaient dévasté quelques-unes des plus belles contrées de l'Europe, mais les vies perdues étaient peu de chose en comparaison du tribut prélevé par la nature offensée.

Bien que le choléra qui sévit sur les Indes au début du siècle ait éveillé l'attention, ce ne fut pas avant 1831 qu'il apparut en Angleterre, après avoir traversé l'Europe de l'est à l'ouest. En deux ans, plus de 50 000 personnes succombèrent sous ses coups en Angleterre et dans le pays de Galles. Après qu'il eut soudain décoché ses traits cruels sans faire de quartier, la mortalité diminua peu à peu jusqu'à ce qu'elle revint à son taux normal, en 1837.

Cette grande calamité fit réfléchir les gens. La loi sur les Chaussées de 1835 constitua en délit le fait de déposer sur la voie publique du fumier, des engrais, des cendres, etc., et d'y laisser traîner des saletés. Il n'était pas fait mention du nettoyage de la chaussée, quoique le raclage de la route dut être une pratique déjà entrée dans les mœurs, puisque la loi charge l'inspecteur de voirie de ce service.

A l'époque des fléaux du XVIIe et du XIXe siècles, des charlatans sans scrupules firent une grande réclame autour d'élixirs conservateurs de la santé et préservateurs de la contagion, et cela, sans aucun doute, pour leur propre gloire et intérêt. Néanmoins, même les observations superficielles d'alors montrèrent qu'on reconnaissait comme propice à l'extension des maladies l'insalubrité des villes et villages. Le débordement des puisards, les infiltrations provenant d'égouts défectueux, les tas de matières organiques corrompues qui infestaient les rues, ainsi que la promiscuité des êtres humains enfermés dans des maisons non aérées, tout contribuait à la propagation des germes infectieux du choléra (le bacille n'ayant pas encore été découvert), sans toutefois pouvoir lui donner naissance. L'avertissement de 1837 ne fut pas oublié, quand un réveil de l'épidémie aux Indes et en Chine apparut en 1841 comme un point noir à l'horizon.

Comme auparavant, à pas lents mais sûrs, elle gagna les régions occidentales. Vers 1847, une réglementation qui se traduisit par la loi d'amélioration des villes et par diverses dispositions locales de l'époque, montra que le pays se tenait sur la défensive vis-à-vis d'un ennemi d'autant plus redouté qu'on ne le voyait pas. Il était cependant trop tard pour que la régle-

mentation pût avoir un effet appréciable et retarder l'assaut, et on estime qu'en Angleterre seulement, plus de 55 0000 personnes succombèrent encore.

On nomma des commissions pleines de zèle pour rechercher et détruire les foyers d'infection ; la doctrine de l'air frais et de l'eau pure trouva des adeptes à profusion, et on essaya de s'attaquer au problème du nettoyage des rues, non seulement pour les artères principales, mais même pour les cours et les passages. Cette année-là, on constitua ce qu'on a appelé l'Office général d'hygiène ; de cette façon, tous les efforts pour améliorer l'état sanitaire furent coordonnés, les résultats des enquêtes furent comparés et on publia des instructions. Ce ne fut pas en vain qu'on se démena. Cinq ans plus tard, en 1853 et 1854, une autre lame meurtrière déferla sur les côtes de l'Angleterre, mais, tandis que la vague précédente avait emporté 55 000 victimes, celle-ci n'en enleva pas 25 000 : nouveau et lugubre tribut, assez affaibli toutefois pour encourager les efforts des hygiénistes. Cette vague se retira bien loin, car douze ans s'écoulèrent avant que la houle grossît à nouveau à l'horizon. Quand elle atteignit les côtes anglaises à son tour, on avait si bien renforcé les digues protectrices, qu'on eut moins de 16 000 morts à enregistrer à la suite du choléra. En 1871, on institua le Local Government Board et, en 1875, les diverses lois et ordonnances élaborées dans l'intérêt de la santé publique furent unifiées sous la forme de la Loi sur la Santé publique de 1875 ; bien que des additions y aient été faites à diverses reprises, elle constitue encore aujourd'hui le Code de l'hygiène pour l'Angleterre.

Quel bien a-t-il fait ? De 1883 à 1887, une nouvelle vague de choléra balaya le sud de l'Europe, mais n'atteignit pas les régions septentrionales. Ses derniers coups sont présents à la mémoire de beaucoup de gens. En 1892, plus de 150 000 personnes moururent de l'épidémie dans la Russie d'Europe ; 9 500 en Allemagne et 4 500 en France en périrent aussi ; dans la seule ville de Hambourg, il y eut 8 600 décès en trois mois. En Angleterre et en Ecosse, onze ports furent atteints ; mais bien que 38 cas dussent être attribués à l'importation étrangère, il n'y eut pas de diffusion. En 1893, après une accalmie due à la rigueur de l'hiver, le mal entra dans une nouvelle phase active. La Russie enregistra 41 000 décès, la France 4 000, l'Allemagne 298 et la Belgique 372. En Angleterre, le choléra prit à

peine pied dans les ports de l'est, et l'on compta 135 décès. Lorsqu'il éclata en 1894, plus de 30 000 personnes en moururent dans la Russie et un demi-million en Allemagne ; il n'y eut aucun décès en Angleterre. Les bons effets de l'amélioration de l'hygiène se traduisirent donc par l'absence d'infection véritable en Angleterre pendant ces trois années. Berlin offre un autre exemple frappant des bienfaits procurés par l'observation des lois et règlements sanitaires ; bien que la capitale fût en rapports constants avec des localités environnantes contaminées et qu'il y eût souvent des cas importés, les précautions prises furent telles que le mal n'y a jamais trouvé prise.

Si le bacille d'une épidémie comme le choléra trouve un terrain favorable dans les masses, petites ou grandes, de matière organique en décomposition qu'on laisse accomplir leur œuvre meurtrière de propagation, il n'est pas probable ni même possible qu'une fois desséchées et emportées par le vent sous forme de poussière, ces masses puissent être une cause de diffusion du mal. C'est un fait bien connu, néanmoins, que beaucoup de représentants de la catégorie d'animalcules désignés par l'appellation de Rotiferd, ont une extraordinaire faculté de résistance à la sécheresse. On peut les sécher sur une plaque de verre, les tenir au sec pendant longtemps, après quoi ils retrouvent leur vitalité en présence d'une goutte d'eau. De même, les spores des bacilles résistent très bien à la dessiccation, et les infimes parcelles entraînées avec la poussière de la route pourraient colporter le germe infectieux dans une maison par l'air frais que les hôtes désireraient faire entrer au moyen d'une ample aération.

Ce n'est donc pas seulement en vue du bien-être et de l'agrément qu'il faudrait purger nos rues de tous dépôts, quelle que soit leur nature, et les abreuver d'une eau pure et abondante partout où c'est possible ; qu'il faudrait empêcher la poussière de se soulever en nuages irritant les muqueuses et facilitant l'ingestion des germes pathogènes ; qu'il faudrait enfin enlever rapidement la neige qui diminue la vitalité des êtres. Certes, ce sont là des résultats souhaitables pour lesquels le public est disposé à payer ; mais c'est en vue de prévenir la propagation de la maladie qu'il faut surtout nettoyer les rues, et c'est sous ce rapport que le nettoyage s'impose plus catégoriquement et qu'il faut y procéder, non seulement du plein gré des individus, mais même contre leur gré, s'il y a lieu.

Les Anglais aiment à prendre l'initiative de réformes par eux-mêmes, en dehors de la tutelle du gouvernement, et le gouvernement est enclin à laisser agir, avec une sollicitude toute paternelle, les municipalités auxquelles est confié, dans une large mesure, le soin d'assurer leur propre salut par le nettoyage. C'est ainsi que toute la réglementation imposée aux autorités locales par les lois sur la santé publique, à l'heure actuelle, en ce qui concerne le nettoyage et l'arrosage des rues, se résume en un seul article, qui permet aux autorités locales soit de se charger directement de cet important service, soit de le donner à l'entreprise. Il est vrai que, si l'autorité locale ne tire pas parti de ses droits et si l'on peut prouver au Local Government Board que sa négligence a entraîné des désagréments, il peut exiger de l'autorité locale qu'elle remplisse sa mission à cet égard. Il n'en reste pas moins vrai que l'initiative est laissée à l'autorité locale même, et que l'Administration centrale n'a pas à intervenir tant que cette autorité se conduit bien et observe les principes de l'hygiène. Le Local Government Board peut bien autoriser une commune à contracter un emprunt gagé sur le produit de ses taxes, pour lui permettre d'acheter les chevaux et voitures nécessaires au nettoyage de ses rues et reconnaître ainsi l'urgence de ce service, mais, si on le laisse tranquille, il ne s'inquiète guère du plus ou moins d'efficacité du procédé. En ceci comme en bien d'autres matières, le gouvernement reconnaît que les citoyens d'une commune savent ce qu'il leur faut et sont mieux à même que le gouvernement central de satisfaire à leurs propres besoins; ; d'ailleurs, généralement, on a constaté que le système facultatif fonctionne bien, quoiqu'il y ait eu et qu'il se représentera des cas isolés où les services ont été négligés, soit par mollesse, soit par entêtement, soit par manque de fonds, jusqu'à ce que les sanctions administratives soient appliquées. Un des avantages de la décentralisation, c'est l'absence de tout ordre-type auquel doit se plier toute localité. Les conditions diffèrent tellement suivant les endroits et les besoins mêmes des hommes, semblent se nuancer tellement d'une ville à l'autre, qu'un système admirablement approprié à une ville du nord ne conviendrait pas à une ville du midi. Comme elles font toutes des expériences sans être liées par aucune réglementation, elles aspirent à s'en tirer au mieux de leurs intérêts, et les plus avisées profitent des erreurs des autres.

Nous allons maintenant examiner les méthodes que quelques-

unes des grandes villes d'Angleterre, d'Ecosse et d'Irlande ont adoptées pour maintenir leurs rues en bon état de propreté, tout en se souvenant du principe : « Laisser faire, laisser passer. »

La Cité de Londres a un caractère trop spécial pour que ses procédés puissent être comparés à ceux des villes de province ; mais nous avons choisi cinq des faubourgs de la métropole : Holborn, Islington, Westminster, West-Ham et Saint-Pancras comme types pour le travail qui s'effectue dans le centre et dans les faubourgs, l'un fidèle aux plus vieilles traditions du Royaume, les autres représentant l'industrialisme moderne dans tout son développement.

Les villes anglaises, en dehors de la métropole, choisies comme représentant les méthodes ordinaires de nettoyage de la voirie, ont été : Birkenhead, Birmingham, Bradford, Bristol, Cardiff, Huddersfield, Leeds, Leicester, Liverpool, Manchester, New-castle-sur-Tyne et Sheffield ; pour l'Ecosse, nous avons pris Edimbourg et Glasgow, et pour l'Irlande, Belfast.

La population de ces villes et faubourgs varie entre 55 215 âmes pour Holborn et 760 367 pour Liverpool ; quelques-unes sont des ports de mer et d'autres sont retirées à l'intérieur des terres, de sorte que les types sont différents et qu'ils donnent lieu à des manières diverses de procéder. Toutefois, pour juger de leur importance, il faut considérer que la population moyenne de ces 20 villes est de 360 000 habitants, et que le total de leurs contributions atteint £ 48 000 (1 209 560 000 francs), soit une moyenne de £ 2 400 000 (60 478 000 francs) pour chacune.

Les matériaux employés pour le revêtement des rues influent dans une large mesure sur la nature et les frais du nettoyage. Les villes où une forte proportion des rues est pavée en granit ou en blocs d'autres pierres, sont plus nombreuses au nord qu'au midi : cela peut s'expliquer par la présence de vastes sédiments de granit en Ecosse, dans les Galles du Nord et dans le Leicestershire, ce qui permet de se procurer facilement les matériaux.

Les revêtements de bois et d'asphalte, plus modernes et plus riches, ne se sont guère répandus à cause du changement considérable qu'ils introduisent dans les habitudes et les tendances conservatrices dont le Nord continue à faire preuve beaucoup plus que le Midi. Ainsi, tandis que Glasgow s'est contenté de faire poser un mille de pavage en bois, sans doute à titre d'essai et sans y tenir beaucoup, Birmingham en a construit 15 milles et Bristol 15 m. 1/2, et si lés municipalités de ces villes pou-

vaient satisfaire à toutes les demandes, elles en feraient mettre encore autant.

Le dallage d'asphalte, sans aucun doute le plus facile à nettoyer et le plus hygiénique, ne prend guère de faveur, sauf dans les circonscriptions métropolitaines, probablement parce qu'il ne convient pas aux chaussées dont le profil longitudinal n'est pas très aplati. La moitié des rues d'Holborn possède un revêtement d'asphalte, ainsi qu'une très grande partie de celles de Westminster. Quand le temps est très pluvieux ou très sec, l'asphalte est ce qu'il y a de mieux ; mais parfois, les conditions atmosphériques sont telles que les chevaux paraissent n'y être plus maîtres de leur marche. Avec ce revêtement, plus peut-être qu'avec tout autre, il faut une propreté minutieuse ; la surface unie et imperméable qu'il présente permet de l'obtenir facilement en répandant beaucoup d'eau et en la poussant avec des raclettes, à condition toutefois que les parties qui viennent d'être lavées ne gèlent point ; autrement, l'on se trouve dans l'embarras.

Le pavage en bois, avec des joints réduits au minimum d'épaisseur, présente, à l'état de neuf, une surface facile à balayer et à laver ; mais il faut reconnaître que, par sa nature même, elle se laisse facilement pénétrer, et ce davantage avec du bois tendre qu'avec du bois dur, comme celui de Jarrah et Karri. Quand le dessus des pavés se feutre et quand les coins s'arrondissent par l'usure, l'inconvénient de l'inhibition s'aggrave, ainsi que la difficulté du nettoyage. Là comme ailleurs, plus le revêtement est propre, plus il met de temps à s'user et plus la circulation y est douce et sûre.

Les mots de « pavage en pierre » évoquent des revêtements très divers. Le système moderne consistant à poser régulièrement sur du béton des pavés soigneusement dressés, avec des joints très minces, donne un revêtement aussi facile à nettoyer que le pavage en bois, avec cet avantage en plus qu'il reste plus longtemps en bon état. Il existe cependant des kilomètres et des kilomètres de rues, même dans les villes les plus avancées, qui sont encore pavés avec de gros blocs inégaux de granit, posés irrégulièrement, avec de larges joints ouverts qui ramassent et retiennent les ordures des rues, ce qui fait échouer les tentatives de nettoyage. Heureusement qu'on peut y faire passer la balayeuse mécanique, qui retire les ordures sans dégrader les pavés. Une des vingt villes mentionnées avoue qu'elle possède

encore 145 milles de rues en cailloutis ; dès lors, il n'y a pas lieu de s'étonner si l'Ingénieur municipal déclare qu'en pratique, toutes les rues sont nettoyées à la balayeuse ; mais il est douteux que, même ces machines, puissent extirper des cavités toute la poussière et la saleté.

Seize des vingt grandes villes étudiées ont pu fournir des états indiquant la longueur des divers revêtements. La longueur totale des rues dans ces seize villes est d'environ 3 200 milles ((5 150 km.); sur cet ensemble, 32 p. 100 sont pavés en pierres, 3 p. 100 en bois, 5 p. 100 avec des matériaux divers, y compris l'asphalte, et 60 p. 100 sont encore entretenus comme macadam. Il ressort évidemment de là que la question du nettoyage des routes macadamisées a une grande importance. La qualité de la pierre constituant le revêtement varie naturellement dans une large mesure avec la localité et avec les matériaux qui se trouvent dans les environs ; mais ces dernières années, et à juste titre, la tendance a été d'employer, de préférence aux calcaires plus tendres, les meilleures espèces de granit, de basalte et autres roches résistantes, même lorsque le coût d'établissement était plus élevé. Ces calcaires s'écrasent facilement sous les lourdes charges que les routes sont actuellement appelées à supporter et grâce à leur faculté d'absorption rapide, ils se transforment rapidement en boue, ce qui augmente le prix de revient du nettoyage. Une route construite avec des matériaux de qualité inférieure cause toujours de gros frais à la commune.

Des vingt villes qui nous intéressent, quatorze se servent de balayeuses à chevaux pour le nettoyage des routes macadamisées ; les Ingénieurs des six autres municipalités sont d'avis que la balayeuse mécanique tend à dégrader le revêtement. On voit donc que la majorité se prononce en faveur de la balayeuse ; mais il faut en faire un usage très judicieux ; après en avoir été chaud partisan en raison même de son action très effective, nous y avons renoncé parce que les grosses fibres dont se compose le rouleau, arrachent les fines parcelles du revêtement quand on l'applique sans délicatesse. Toujours est-il que l'opinion générale est favorable à la balayeuse ; elle est presque toujours à chevaux.

On s'est efforcé à diverses reprises de créer une machine qui, non seulement balayerait la route, mais encore ramènerait en même temps les balayures sur une voiture annexée à la machine. Six municipalités au moins ont fait des tentatives dans cette

voie ; mais, de l'avis unanime, aucun système n'a donné de résultats très satisfaisants.

Il est à peine besoin de noter que, dans toutes les grandes villes, les rues principales sont nettoyées au moins une fois toutes les vingt-quatres heures, et plus souvent s'il le faut ; ceci indépendamment du nettoyage continu que nous signalerons plus loin. L'importance de la circulation et les conditions atmosphériques doivent servir de bases pour apprécier ce qu'il convient de faire sous ce rapport. Les voies de second ordre sont ordinairement balayées trois fois par semaine. Quant aux routes de la banlieue et aux voies de troisième ordre, elles sont traitées de façon assez différentes pour êtres balayées tous les jours dans quelques villes et pour ne l'être qu'une fois par semaine dans d'autres.

Vaut-il mieux procéder le jour ou la nuit au nettoyage des rues ? C'est là un point sur lequel on ne s'accorde pas, et il y a beaucoup à dire dans les deux sens. Pendant la nuit, les machines gênent moins la circulation et, marchant à vive allure, peuvent faire la besogne de façon plus expéditive. Pendant le jour, la surveillance peut s'exercer d'une façon plus complète. Dans huit des villes indiquées, on balaye les rues pendant la nuit ; dans les sept autres, pendant le jour, et dans les cinq qui restent, à la fois jour et nuit. Il ressort avec évidence de là que les avis sur la question sont partagés presque également, et que les circonstances locales doivent probablement déterminer la pratique à continuer.

Après que les rues ont été balayées de nuit ou de jour, à la main ou mécaniquement, il est d'usage, dans la plupart des grandes villes, d'occuper un certain nombre de balayeurs, hommes ou adolescents, à circuler continuellement par les principales artères pour ramasser les saletés et le crottin, ou, suivant l'expression d'un Ingénieur municipal, pour « assurer le bon ordre toute la journée ». Nous attachons une telle importance à cette pratique non seulement au point de vue de la propreté, mais aussi au point de vue de l'hygiène, que nous avons été surpris de rencontrer une exception. On ramasse peu d'ordures ; on les met ordinairement dans des brouettes et on les transporte à un endroit déterminé d'où on les enlève avec un tombereau. On a coutume d'utiliser comme récipient un coffre placé sur le sol ou au-dessous du niveau du pavage. Quand il y a un dépôt à distance raisonnable, on peut y transporter

directement les brouettées d'ordures. L'effectif des balayeurs permanents augmente beaucoup en hiver et par les temps pluvieux, lorsqu'on remplace la brouette par la voiturette étanche pour le nettoyage de la voirie ; pour l'entretien de la voirie plus que pour tout autre service municipal, le meilleur système à adopter dépend surtout des variations atmosphériques.

Dans les vingt villes étudiées, le nettoyage des rues est fait par des agents que recrute directement la municipalité. Dans deux des faubourgs de la métropole, le transport et l'élimination des ordures sont donnés à l'entreprise, mais, partout ailleurs, l'enlèvement est effectué par l'administration. Naturellement, les entrepreneurs fournissent eux-mêmes le personnel et le matériel nécessaires, et se débarrassent des balayures au mieux de leurs intérêts.

Il devient de plus en plus difficile, chaque année, de découvrir des lieux de dépôt convenables à proximité des grandes citées surpeuplées. Le système généralement adopté est celui du tout-à-l'égout ; parfois, on utilise les résidus pour l'épandage. Les balayures de rues pavées ont plus de valeur comme engrais, et, à certaines périodes de l'année, trouvent rapidement acquéreur : en fait, et par expérience, nous pouvons dire qu'il est des moments où la demande l'emporte sur l'offre, pour les balayures de pavé de bois. Quand la demande faiblit, on en abandonne de grandes quantités, ou bien on les utilise pour amender des terrains appartenant aux municipalités. S'il n'y avait pas la difficulté du transport, les propriétaires fonciers tireraient grand profit, et à peu de frais, de ces balayures, et, ces dernières années, on a employé des tracteurs pour en emporter de grandes quantités à la campagne. Les villes côtières ont l'avantage de pouvoir expédier en mer et par chalands leurs déjections et de les déverser en un point où la marée ne les ramènera pas sur le rivage. D'autres localités, desservies par un réseau de canaux, peuvent faire partir les balayures à bon compte par bateau. Dans certaines villes, les tenanciers de lots de terrains municipaux en ont autant qu'ils veulent, gratuitement.

Quand les rues sont sèches, on y fait ordinairement passer le tonneau d'arrosage avant la balayeuse, pour éviter que celle-ci ne soulève des nuages de poussière. C'est ce qui se produirait surtout avec le balayage mécanique, cela va de soi ; mais l'effet serait aussi très désagréable et très mauvais au point de vue

de l'hygiène, même avec des balais à main. On a essayé de combiner en une seule machine l'arroseuse et la balayeuse ; huit des villes étudiées en ont expérimenté divers systèmes et sont arrivés à des résultats différents : cinq n'en ont pas obtenu de satisfaisants ; deux ont trouvé que la combinaison était un véritable succès ; l'Ingénieur de l'autre municipalité s'est servi d'une machine combinant à la fois l'arrosage au pétrole et le balayage ; il constate qu'elle a donné des résultats satisfaisants, mais qu'elle ne convenait pas pour ce qu'il y avait à faire dans la ville.

Pour tous ces points, nous avons puisé dans les rapports très complets que nos Collègues ont bien voulu nous fournir sur leur manière de procéder, et nous avons essayé de donner un aperçu des méthodes généralement suivies dans les grandes villes du Royaume-Uni pour l'enlèvement et l'utilisation des balayures des rues. Pour chaque localité, les particularités de la situation et des alentours indiquent dans une large mesure le système à adopter ; mais toutes, dans leurs efforts, visent au même but qui est, non seulement de rendre les rues salubres et d'en chasser les miasmes, mais aussi de les maintenir en bon état de propreté et parfaitement nettes de toutes les ordures qui ne cessent de s'y déposer dans une grande cité.

Il n'est pas possible de donner une idée générale du prix de revient, car les municipalités ne sont pas obligées de tenir une comptabilité spéciale, de sorte qu'il est impossible de faire des comparaisons. Par expérience personnelle, nous estimons qu'une moyenne de 4 à 5 pence par livre de dépenses annuelles correspondrait au prorata de ces frais dans la plupart des localités et excéderait même les déboursés de certaines pour le service quotidien du nettoyage des rues. Parfois, une période extraordinaire de mauvais temps continu rend inutiles tous les calculs et les prévisions les plus minutieuses. Une abondante chute de neige peut entraîner une dépense de centaines et même de milliers de livres. Comme cette éventualité se produit généralement à une époque de l'année où il est très difficile de trouver du travail, c'est une occasion pour ceux qui n'ont pas d'ouvrage de s'en procurer ; ce genre de travail profite à la commune tout autant et même plus que ce qu'on appelle « l'assistance par le travail ». On n'a pas coutume, en Grande-Bretagne et en Irlande, d'employer les soldats à nettoyer les rues, comme on l'a fait dans certaines villes du continent.

La neige, si belle à contempler sur les montagnes et dans la

plaine, est une visiteuse redoutée de l'Ingénieur municipal ; son apparition est incertaine et on ne peut prévoir la quantité qui tombera. La latitude même n'est pas un indice, car, bien qu'en général, ce soit dans le Nord et dans le Centre qu'il en tombe le plus, il y eut des années où le Midi essuya une trombe de neige, et où la hauteur de neige y atteignit un tiers de mètre, alors que les villes du Nord avaient été complètement épargnées.

Dans certaines villes, des lois d'intérêt local autorisent la police à exiger des propriétaires qu'ils enlèvent la neige sur la partie du trottoir qui longe leur propriété, et c'est le cas pour la moitié environ des villes étudiées. Mais, même dans ces villes, en dehors des lieux inhabités, il existe bien des kilomètres de trottoirs, devant les monuments publics, les bâtiments du culte, sur les ponts et viaducs, où le sentier ne serait jamais frayé si la municipalité ne s'en occupait pas. Dans les dix autres villes, la municipalité assure tout le service. Partout la neige est rejetée des trottoirs sur la chaussée et doit être enlevée aux frais de la commune.

Toute ville importante prend à l'avance un ensemble de minutieuses dispositions pour le cas où la neige viendrait à tomber. Les balayeurs sont avertis qu'ils doivent se rassembler en certains points où des chefs d'équipe se mettent à leur tête pour diriger leurs travaux. Si le temps devient tout à fait mauvais, beaucoup d'ouvriers sont en chômage et entrent pour un temps au service de la municipalité, de sorte qu'il n'est pas difficile de se procurer la main-d'œuvre. Il importe beaucoup de se mettre à la besogne dès le moment où la neige commence à tomber et de maintenir, si possible, la liberté de la circulation des voitures. Quand il y a un réseau de tramways, il suffit qu'une seule voiture soit forcée de s'arrêter pour qu'il en résulte une désorganisation du service dans tout le quartier. Toutes les villes se servent de chasse-neige d'une forme ou d'une autre : le modèle le plus courant consiste en une planche ou soc de charrue placé en travers et monté sur roues, que tirent des chevaux, et qui rejette la neige de côté. C'est un travail très fatigant pour les chevaux, et on ne peut avoir recours à eux que lorsque la neige est nouvellement tombée et n'a pas encore été foulée aux pieds et durcie. Dans certaines villes, on emploie, pour déblayer la voie du tramway, des chasse-neige en forme de V adaptés à une voiture à traction électrique.

Une fois la neige entassée en rangées, il faut l'enlever aussi

rapidement que possible ; mais, parfois, et dans certaines localités, il est très difficile de trouver le nombre de chevaux et de tombereaux voulus. Si la neige est tombée en abondance, le travail normal se trouve arrêté en grande partie, et les voitures qui y sont employées d'ordinaire se trouvent disponibles pour enlever la neige. Toutefois, grâce aux efforts même tentés pour rétablir la circulation, les affaires reprennent leur cours, et l'aide fournie par l'extérieur vient à cesser. Un Directeur prudent prend ses dispositions avant l'entrée de l'hiver pour expédier un convoi de chevaux et de voitures sur différents points, en cas de besoin.

Afin de réduire la dépense considérable qu'entraîne l'enlèvement des neiges dans une ville, il faut prévoir le plus d'endroits possibles pour le déchargement des tombereaux, car le transport coûte beaucoup. Les emplacements libres constituent des endroits convenables pour mettre des dépôts, pourvu qu'ils ne soient pas trop près des habitations. Les rivières, surtout celles où remonte la marée, sont tout à fait appropriées à cet usage, puisqu'on y peut déverser une certaine quantité de neige sans inconvénient ; mais elles peuvent être éloignées, de sorte que le prix du transport augmente les frais. Dans certaines villes, une partie de la neige est évacuée par les bouches d'égout ; mais on ne peut avoir recours à ce moyen que lorsque l'égout est de gros calibre et qu'il passe un fort volume d'eau d'écoulement ; alors la neige fond rapidement grâce à la température élevée de l'égout, et il n'en reste plus trace ; toutefois, il ne faudrait pas user de ce procédé avec de la neige trop souillée de boue.

On a recours au sel, dans beaucoup de villes, pour faciliter et accélérer la disparition de la neige ; mais alors, les autorités s'excusent en quelque sorte de suivre cet errement en déclarant qu'on n'y fait appel que « dans des cas spéciaux », ou « que pour les voies du tramway », ou que « dans une faible mesure ». Sans aucun doute, le grand public s'est opposé à l'emploi du sel parce qu'il amène un refroidissement nuisible aux hommes comme aux animaux ; d'ailleurs, les municipalités se sont parfois vues contraintes de payer des indemnités pour le préjudice causé de ce fait. Plusieurs Directeurs de service estiment qu'il est impossible de venir à bout d'une abondante couche de neige sans se servir largement du sel ; mais, dans d'autres villes éga-

lement importantes, on a trouvé moyen de sortir de la difficulté sans utiliser de mélange endothermique.

Il est presque impossible de dresser un état des prix de revient de l'enlèvement de la neige, en raison des différences causées par le plus ou moins d'importance des charrois suivant les localités. Pour 4 à 6 pouces de neige (non tassée) tombée en janvier 1909, l'enlèvement est revenu aux prix suivants, pour les différentes municipalités ci-dessous énumérées :

Bradfort, £ 802 (20 050 fr.) ; Bristol, £ 1 660 (41 500 fr) ; Glasgow, £ 824 (20 600 fr.) ; Leeds, £ 686 (17 150 fr.) ; Leicester, £ 2 273 (56 825 fr.) ; Newcastle-sur-Tyne, £ 1 100 (27 500 fr.) et Sheffield, £ 1 049 (26 225 fr.).

Les frais se sont élevés à £ 4 000 (100 000 fr.) pour Liverpool, bien qu'on y ait employé de grandes quantités de sel et évacué la neige fondue par les égouts.

Un arrosage modéré des rues est presque indispensable, même avec les meilleures méthodes de nettoyage enseignées par l'expérience. Il s'impose aux municipalités pour éviter non seulement le désagrément causé aux habitants par la poussière qui se dépose en une couche sale sur les affaires et sur les meubles, mais aussi pour empêcher l'irritation causée aux yeux par les petits grains qu'on ne peut empêcher d'y pénétrer. Bien pire est le danger qu'entraîne pour la santé la respiration d'une atmosphère qui peut renfermer des germes pathogènes. On attribue les effets bien connus et si pénibles pour certains tempéraments, du rhume des foins aux inhalations d'air chargé du pollen des graminées et peut-être d'autres plantes au printemps ; il semble donc également possible que, pendant une épidémie, les agents reproducteurs soient transportés par le vent à de grandes distances pour trouver un terrain propice à la propagation. Naturellement, la chaussée macadamisée qui se désagrège sous l'influence d'une circulation rapide est celle qui engendre le plus de poussière ; aussi s'est-on résolument efforcé et s'efforce-t-on encore d'atténuer les inconvénients de cette poussière ; mais il ne rentre pas dans le cadre de notre rapport de traiter des diverses méthodes essayées dans ce but avec plus ou moins de succès. Le goudron, sous une forme ou sous une autre, a été le remède le plus apprécié, et il y a peu de villes probablement, en Angleterre, qui n'aient pas fait d'expériences avec le tar-macadam ou le badigeonnage au goudron. Tous ces procédés ont pour but de fixer les parcelles

de la surface en un revêtement imperméable qui empêche la formation de la boue par les temps pluvieux et de la poussière par la sécheresse. Il est hors de doute qu'il y aura beaucoup de rapports sur ce sujet, donnant des détails sur les expériences de leurs auteurs, comme au Congrès de Paris. Mais aussi parfait que soit le revêtement, aussi résistant qu'il soit à l'action des roues, la poussière s'accumulera toujours sur lui dans les villes, pour un grand nombre de raisons. Balayez la chaussée aussi soigneusement que possible, faites constamment ramasser les ordures par les balayeurs permanents, rien n'empêchera que, par une journée sèche, les automobiles rapides, dont la caisse rase presque le sol au passage, ne fassent un vide où l'air se précipite assez violemment pour soulever et porter un nuage de poussière. Aussi n'est-il guère possible de se passer « d'arroser les rues ».

Dans toutes les grandes villes, il existe maintenant une ample réserve d'eau, et c'est l'exception plutôt que la règle qu'il faille l'économiser, même dans les périodes de sécheresse. Dans la plupart des cas, l'eau appartient à la municipalité qui en a aussi la libre disposition ; dans les faubourgs de Londres, elle est sous le contrôle de la direction métropolitaine des eaux ; à Belfast, sous celui de fidéicommissaires. A Birkenhead, une partie de l'eau, et à Bristol et Newcastle-sur-Tyne, la totalité doit être achetée à une ou à diverses compagnies privées. Il résulte de cette disparité d'organisation que les diverses municipalités ont des sommes très différentes à débourser pour l'arrosage des rues. C'est ainsi qu'à Edimbourg et à Sheffield, il n'y a rien à verser pour l'eau, tandis qu'à Huddersfield il y a à payer un abonnement de £ 150 (3 750 fr.) par an. Quand l'eau est fournie au compteur, la dépense varie : elle est de 2 pence 1/2 par 1 000 gallons (4 543 litres) à Cardiff ; de 3 (0 fr. 30) à Leicester ; de 4 (0 fr. 40) à Manchester ; de 5 (0 fr. 50) à Newcastle-sur-Tyne ; de 6 (0 fr. 60) dans les faubourgs de Londres, à Birmingham et à Leeds ; de 8 (0 fr. 80) à Birkenhead et de 9 (0 fr. 90) à Bristol. Belfast paie £ 1 100 (27 500 fr.) par an pour l'eau d'arrosage, soit une somme à peu près équivalente à celle que dépense Bristol où l'eau est prise au compteur. La population des deux villes est à peu près la même, mais la longueur des rues macadamisées dans la dernière est environ le double de celle de la première. Bien qu'il n'y ait pas de base absolue pour évaluer la dépense, une somme de 6 pence par 1 000 gallons doit

représenter, à très peu de chose près, ce qu'il en coûte aux entrepreneurs à Londres.

Edimbourg, Glasgow, Manchester et Liverpool, admirablement pourvues d'eau, peuvent se montrer généreuses lorsque la santé publique est en jeu.

De l'avis de tous, la saison d'arrosage s'étend de la première semaine d'avril à la fin de septembre, sans qu'il y ait de dates fermes pour commencer ou pour finir et, comme nécessité n'a pas de loi, il arrive souvent qu'une semaine de temps sec et de soleil brûlant au mois de mars oblige à sortir les tonneaux. De même, il peut y avoir avantage à prolonger un peu l'arrosage jusqu'en octobre.

Dans la plupart des vingt villes étudiées, toutes les rues et routes importantes sont arrosées quand il le faut. A Leicester, un peu moins de la moitié de la longueur totale est arrosée régulièrement, et à Newcastle-sur-Tyne, moins du quart. A Westminster, il n'y a que les chaussées macadamisées qui soient arrosées sur toute la largeur ; celles qui ont un pavage de bois ou un revêtement d'asphalte ne sont arrosées que dans les parties où s'amasse généralement la poussière.

Les routes en macadam goudronné ne doivent être arrosées que le moins possible : il suffit de les humecter légèrement avant le balayage ; notre expérience nous a permis de constater que les frais de goudronnage se récupèrent alors par les économies réalisées sur l'arrosage.

Comme on peut le deviner, les différentes localités ont adopté divers types de tonneaux d'arrosage. On peut distinguer le tonneau à quatre roues, contenant de 400 à 450 gallons (1 817 à 2 044 litres), et le tonneau à deux roues contenant de 200 à 300 gallons (909 à 1 360 litres). Sauf deux exceptions, ces tonneaux sont tous à traction de chevaux ; mais Westminster et Cardiff se servent, en outre, de tonneaux d'arrosage automobiles. Le tonneau à quatre roues est ordinairement un réservoir rectangulaire en acier ; toutefois, Holborn et Birkenhead ont adopté la forme cylindrique. On réserve d'habitude le tonneau à deux roues pour les déclivités, et il convient surtout à cet usage quand on a observé dans la construction le principe de la suspension en équilibre, afin d'éviter que tout le poids ne se trouve rejeté sur l'arrière du tonneau lorsqu'il monte une côte. Dans certains endroits, on emploie encore le tonneau d'eau monté sur deux roues ; mais il fait place peu à peu au cylindre.

Plusieurs des principaux fabricants se sont occupés particulièrement du dispositif à adopter pour l'arrosage et ont lancé sur le marché beaucoup de modèles ingénieux qui permettent au conducteur de régler l'émission de l'eau d'un seul ou de deux côtés, et par des orifices fins, moyens ou plus gros. Mais, quelle que soit la forme du tonneau, c'est surtout le mode d'arrosage du revêtement qui importe. La différence n'est pas aussi considérable pour les rues pavées que pour les chaussées macadamisées ; sur ces dernières, la détérioration causée par un arrosage irréfléchi peut être la même qu'à la suite d'une pluie d'orage. Plus on peut faire ressembler l'arrosage à une pluie douce, mieux cela vaut, mais il est inutile d'attendre ce résultat désirable de l'intelligence des conducteurs ordinaires de tonneaux d'arrosage. L'ancien collier de fonte, avec des orifices de 1/8 de pouce (3 mm. 17), d'où jaillissait un véritable déluge qui arrachait les matériaux du revêtement, était très cher au conducteur, qui avait pour seul souci de dire qu'il avait répandu tant de tonneaux d'eau dans la journée. Aujourd'hui, la plupart des tonneaux comportent quelque dispositif qui diminue la quantité d'eau employée, tout en donnant un résultat plus efficace que celui de transformer la rue en une rivière. Il n'est pas possible de noter tous les appareils de ce genre ; mais beaucoup de villes emploient le distributeur rotatif, qui éparpille l'eau par l'effet de la force centrifuge. L'appareil est très efficace sur les larges avenues, avant l'heure de la circulation ; mais on sait que l'apparition de l'arroseuse fait disparaître promptement les piétons sous les portes cochères ou en lieux sûrs, non sans proférer des commentaires qui ne sont pas précisément des aménités. Parmi les nombreuses tuyères imaginées pour réduire l'eau en fines gouttelettes, nous n'en avons pas trouvé qui vaille celle de M. T. Caink, Ingénieur municipal de Worcester. Comme autres modèles des plus courants, on peut citer l' « Américain », le « Hook », le « Wandsworth », le « Barnard Castle », le « Warwick » et le « Middlesee ».

En outre de l'arrosage par le tonneau pour empêcher le soulèvement de la poussière, beaucoup de villes emploient des tuyaux reliés à une fontaine, pour laver les rues pavées ou asphaltées. Mais ce soin rentre plutôt dans le nettoyage que dans l'élimination de la poussière. Nous ne connaissons pas de ville anglaise ou irlandaise qui utilise les tuyaux pour l'arrosage comme on le fait à Paris.

Les avis sont partagés sur le point de savoir si l'arrosage continu détériore les chaussées macadamisées. Lorsque la sécheresse dure pendant toute une période, le revêtement a tendance à se fendiller ; un arrosage judicieux peut l'en empêcher et avoir, par suite, son utilité. Mais la plupart des Ingénieurs routiers estiment que si la chaussée demeure humide, elle s'amollit au point de faciliter l'arrachement des matériaux de la surface par la circulation automobile. Naturellement, les routes qui ont bénéficié d'un goudronnage n'ont pas à souffrir de cette infirmité ; elles ont le double avantage de ne pas se crevasser par la sécheresse et de ne pas exiger d'arrosage pour abattre la poussière.

Pendant ces dix dernières années, on a lancé dans le commerce beaucoup de mélanges chimiques destinés à atténuer les inconvénients de la poussière en la fixant sur le revêtement. Ils se présentent ordinairement sous la forme de sels déliquescents qui, dissous dans l'eau et répandus sur la route, absorbent l'humidité de l'atmosphère et la reportent sur la chaussée. On a employé l'eau de mer à cet effet depuis longtemps. Nous avons constaté que huit des villes étudiées n'ont pas fait d'expériences en cette matière ; les douze autres en ont fait, mais aucune n'est enchantée des résultats obtenus. La Westrumite, la Pulvicide et le chlorure de calcium surtout, ont été également essayés. Nous avons eu la curiosité de rechercher si d'autres villes avaient observé, dans leurs expériences avec ces produits chimiques en solution, qu'ils aient eu un mauvais effet sur le macadam ; mais, bien que certains ingénieurs déclarent qu'ils ont cessé d'en faire usage, ils semblent s'être décidés à cet abandon plutôt parce que ces produits ne répondaient pas à leur attente que parce qu'ils détérioraient le revêtement. Par expérience personnelle, nous pensons que l'on peut employer les sels, et surtout le chlorure de calcium, en partie à raison de son bon marché, dans les déclivités où le goudronnage ne serait pas avantageux. Toutefois, les effets ne sont pas de longue durée, car une violente averse venant à tomber peu de temps après le répandage de la solution salée la fait complètement couler, de sorte qu'elle ne peut plus préserver la route.

Bien que l'arrosage ne soit rien de plus qu'un palliatif éphémère, couvrant pendant un moment la chaussée d'une boue fine que le vent transforme une demi-heure après en poussière ; bien que, dans le premier de ces états, la route encoure l'ana-

thème des propriétaires de voitures, et que, dans le second, elle soulève d'interminables plaintes chez les boutiquiers ; malgré tout, on n'est pas encore arrivé à pouvoir se passer du tonneau d'arrosage. Comme bien d'autres choses en matière municipale, l'arrosage demande du jugement et de l'intelligence. Les changements de temps, en Angleterre, causent une anxiété continuelle chez le Directeur du service de la Voirie : une matinée pluvieuse, où l'on ne fait pas sortir les tonneaux d'arrosage, peut être suivie d'un soleil brûlant à midi, avec un vent d'Est orageux ; ou bien la matinée peut être sèche et poussiéreuse et nécessiter la mise en marche de tout l'effectif d'arroseuses, alors que les nuages et la pluie arrivent avant midi ; les arroseuses, dégouttantes de pluie et bien inutiles, n'ont qu'à retourner piteusement sous leur hangar.

Nous nous sommes efforcés de donner un aperçu rapide des méthodes généralement adoptées pour le nettoyage et l'arrosage dans les plus grandes villes d'Angleterre, d'Ecosse et d'Irlande. Les Ingénieurs des villes et faubourgs étudiés nous ont fourni de nombreux renseignements, sans lesquels il nous eût été impossible de rédiger ces notes : nous leur adressons nos remerciements les plus empressés. On pourra estimer que certains points importants ont été omis ou trop légèrement effleurés ; mais la brièveté de ce rapport nous empêchait de traiter bien des matières intéressantes. Nous nous sommes proposé de donner une idée générale des systèmes plutôt que d'étudier leurs applications particulières.

T. H. YABBICOM.

(Trad. BLAEVOET.)

65663. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

ALFRED BALLÓ
Sous-Chef des amtes für allgemeine Reinlichkeit
der Stadt Budapest

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

LE NETTOYAGE DES RUES
DANS LA VILLE DE BUDAPEST

D'après le règlement municipal, le nettoyage des chaussées de toutes les rues et places publiques de Budapest incombe aux autorités municipales, alors que le nettoyage des trottoirs est à la charge des propriétaires des immeubles bâtis ou non bâtis. C'est l'Office de la propreté générale, constitué en régie, qui s'occupe du nettoyage des chaussées, de la lutte contre la poussière et de l'enlèvement de la neige.

Le *nettoyage des chaussées* s'effectue suivant le système dit *nettoyage par allées et venues*, qui diffère essentiellement du procédé employé dans la plupart des autres grandes villes. Le principe fondamental du nettoyage par allées et venues repose sur cette considération qu'il est désirable, pour des raisons d'esthétique et d'hygiène, d'entretenir les chaussées en parfait état de propreté, surtout pendant la période de l'activité commerciale et industrielle, c'est-à-dire pendant le temps où la circulation est la plus intense, et de ramasser les ordures qui s'y déposent continuellement dès qu'elles y apparaissent.

La plupart des systèmes adoptés dans les autres grandes villes consistent principalement en un nettoyage des rues pendans la nuit et en un enlèvement rapide, dans la journée, du crottin de cheval qui se trouve sur les grandes artères et sur les chaussées de luxe.

Le système du nettoyage par allées et venues a cette supériorité qu'il permet de tenir continuellement propres *toutes* les rues pendant toute la journée. Avec ce système, les ordures ne s'accumulent jamais en grande quantité, ne se décomposent pas sur la chaussée et sont faciles à enlever, puisqu'on y procède avant que les voitures les aient étalées.

A Budapest, on applique encore actuellement ce système de la façon la plus simple, au moyen de la main-d'œuvre humaine ;

on n'emploie pas du tout la machine. Il y a tous les jours à nettoyer une superficie de 4 218 118 mètres carrés, divisée en 805 sections. On a donné aux sections, appelées « postes », la dimension voulue pour qu'un seul balayeur adulte puisse en maintenir une toute la journée en parfait état de propreté.

Un poste comprend en moyenne 5 190 mètres carrés ; son étendue dépend surtout de la circulation et varie par conséquent ; le plus petit a 1 029 mètres carrés, le plus grand 23 880 mètres carrés. Dans une rue dont la chaussée a 14 m. 60 de largeur, qui a un revêtement de basalte et qui livre passage à une moyenne de 615 colliers par heure, les postes sont de 2 505 mètres carrés. Les agents commencent à travailler à six heures du matin ; ils balayent tout d'abord les ordures qui se sont amassées pendant la nuit sur leur section. Une fois cette besogne terminée, ils n'ont à s'occuper pendant toute la journée que de relever les ordures qui se déposent continuellement. Le travail finit le soir au moment de l'allumage des réverbères, sauf dans certains endroits plus exposés et sur les avenues de luxe, où il continue jusqu'à huit heures.

Comme on le pense, l'équipemnet des agents est des plus simples : il consiste essentiellement en un balai de genêt de dimensions variables, en une pelle à ordures avec un manche vertical de 80 centimètres de hauteur et en une brouette à deux roues, d'une contenance d'un tiers de mètre cube environ. Diverses pelles, raclettes de caoutchouc, arrosoirs, brouettes à sable, tombereaux à neige, pousse-neige, chasse-neige et pics à glace complètent l'outillage du balayeur allant et venant.

Les brouettes d'ordures sont, deux fois par jour en moyenne, menées à ce qu'on appelle un lieu de « chargement », où viennent, aux mêmes heures, de grands tombereaux qui enlèvent les ordures. Ces lieux de chargement sont répartis dans la ville en une trentaine d'endroits et viennent d'être aménagés de telle sorte que le chargement des ordures peut y être effectué à l'intérieur d'un local clos de tous côtés. Dans ce local se trouve un grand réservoir en béton armé qu'on peut fermer hermétiquement, et qui sert éventuellement au dépôt du trop plein d'ordures en attendant l'arrivée d'un « tombereau de secours ».

Sur les chaussées à nettoyer, on enlève environ 6 millions de kilogrammes d'ordures par an, soit 14 kil. 8 par mètre carré et par an ou 77 kilogrammes, par tête d'habitant et par an.

Les tombereaux sont en fer et ont une capacité de 5 mètres cubes. Ils transportent les ordures à une gare de chemin de fer située en dehors de l'agglomération et aménagée spécialement à cet effet ; une puissante grue roulante électrique enlève les wagonnets pleins de dessus le châssis du tombereau, sans toucher à leur contenu, et les remplace par des wagonnets vides. La grue dépose les wagonnets pleins sur des wagons de chemin de fer, qui les dirigent sur l'établissement Cséry, créé pour la manutention des ordures, à Pusztaszentlörincz, où ils sont vidés. Là, on mélange les ordures avec des matières fécales et on les vend comme engrais pour l'agriculture.

Le prix de revient du nettoyage des rues dépend surtout du salaire payé normalement dans la ville ; il est actuellement de 2 couronnes 80 heller (2 fr. 95) ; à ce prix, le nettoyage, enlèvement des ordures compris, revient à environ 30 heller (0 fr. 31) par mètre carré de chaussée et par an, et à 1 kreutzer 50 heller par tête d'habitant et par an.

Le système des balayeurs allant et venant et nettoyant à la main n'est toutefois avantageux que jusqu'à un certain degré d'intensité de la circulation. Actuellement, dans les rues de Budapest, la circulation n'est pas encore assez importante pour exiger absolument l'introduction des machines, d'autant plus que les balayeuses ordinaires, c'est-à-dire à chevaux, ne répondent pas au but, car elles ne se plient pas bien aux nécessités de la circulation et ne travaillent que lentement. Pour le nettoyage par allées et venues, on ne peut employer les machines avec succès que si elles combinent et le nettoyage et l'enlèvement des ordures sans poussière en toute circonstance, c'est-à-dire si elles font ce que fait actuellement un balayeur allant et venant. Il faudrait, de plus, que ces balayeuses automobiles fussent assez petites et très facilement déplaçables. Toutefois, à titre auxiliaire, des balayeuses automobiles à rouleau, comme celles dont on se sert dès à présent à Paris et dans d'autres villes, peuvent rendre de bons services.

A côté du nettoyage par allées et venues, en été, on pratique aussi le *lavage* pour les rues à revêtement d'asphalte. Il s'effectue soit à la main avec des raclettes de caoutchouc ordinaires, soit, depuis peu pour l'asphalte, avec les machines laveuses. Le lavage à la machine est non seulement meilleur marché, mais aussi beaucoup plus efficace que le lavage à l'aide des raclettes à main. Les machines laveuses, système Weygandt et Klein,

dont on se sert ici, ont donné de bons résultats et présentent ce grand avantage de pouvoir être également utilisées comme arroseuses.

Comme les propriétaires d'immeubles bâtis ou non bâtis ne s'acquittent pas convenablement de leur obligation de nettoyer les trottoirs à fond, et cela surtout dans les grandes artères où les trottoirs sont larges, l'Office chargé de la propreté générale s'est mis récemment en devoir de remédier à cet inconvénient. Les *trottoirs* des grandes artères ont été également divisés en « postes » pourvus chacun d'un agent allant et venant, mais ici ce ne sont que des adolescents de douze à seize ans. La tâche de ces agents est de ramasser et de porter dans la brouette du balayeur de la chaussée toutes les ordures qui tombent au cours de la journée sur les trottoirs, notamment les papiers, les cosses et épluchures de fruits, les bouts de cigares, etc. Ce système donne toute satisfaction, mais il ne peut que difficilement contrecarrer l'abus des prospectus.

On procède à l'arrosage des rues soit en puisant directement à la bouche d'eau et en employant la lance, soit en se servant d'arroseuses. On arrose surtout à la lance dans les artères principales qui sont larges, et à la machine dans les autres.

L'arrosage des rues à la lance est plus abondant et plus rapide et, quand on ne regarde pas au prix de l'eau consommée, meilleur marché également qu'avec l'arroseuse ; mais il ne se maintiendra plus longtemps. L'accélération notable de la vitesse des voitures dans les rues, due au développement continuel de l'automobilisme, a rendu beaucoup plus difficile la pratique de ce système. Alors qu'en 1907 encore, il n'arrivait guère que des passants ou des voitures fussent « douchés », il s'est déjà produit plus de 120 cas de ce genre en 1909. C'est pourquoi l'on restreint de plus en plus l'arrosage à la lance, et il est probable qu'on le remplacera par la mise en service d'arroseuses automobiles.

Pour l'arrosage des rues, on se sert actuellement d'environ 170 arroseuses à collier ordinaires, d'ancien modèle, à un et deux chevaux, et contenant un millier de litres. Mais ces arroseuses ne répondent plus aux exigences modernes ; aussi les remplace-t-on par des arroseuses cylindriques à soupape nouveau modèle. Les nouvelles voitures ont une capacité de 1 500 à 2 000 litres ; du siège du conducteur, on peut régler à volonté l'étendue du jet entre 2 et 7 mètres et donner au jet lui-même trois intensités

différentes. Deux voitures de ce genre donnent le même rendement que cinq anciennes.

La superficie totale à arroser mesure 5 057 901 mètres carrés, dont 1 346 668 mètres carrés le sont à la lance et le reste, sauf les parties huilées, à la machine.

L'arrosage, y compris la consommation d'eau, coûte à la lance 10 heller 5 (0 fr. 10) par mètre carré et par an, et à la machine d'ancien modèle 9 heller (0 fr. 09). La consommation annuelle d'eau atteint environ 1 820 000 mètres cubes, soit environ 360 litres par mètre carré et par an, ou 2 240 par tête d'habitant et par an.

L'arrosage à l'eau des rues macadamisées ne fixant la poussière que pendant peu de temps, l'Office chargé de la propreté générale a été amené à rechercher un procédé plus efficace.

Un *goudronnage d'essai* effectué dans notre ville n'a pas donné de résultats appréciables, ce qui peut bien provenir de ce fait que nos chaussées macadamisées sont loin d'être aussi soigneusement construites que celles de Paris, par exemple, où le goudronnage donne aussi de bien meilleurs résultats .

L'Office précité s'est d'ailleurs efforcé, *en se plaçant surtout au point de vue de la salubrité des rues*, de trouver un procédé qui rende superflu l'arrosage à l'eau du macadam, tout en le préservant en même temps de la poussière, et qui non seulement *empêche la formation de la poussière provenant des matériaux du revêtement, mais aussi fixe pour toujours et radicalement la poussière d'apport.*

Le goudronnage seul du macadam ne procure pas encore l'exemption absolue de poussière, car il ne fait que diminuer la production de la poussière par le revêtement même et ne fixe pas plus la poussière d'apport que, par exemple, le dallage d'asphalte. C'est ainsi qu'une chaussée goudronnée en macadam doit être aussi soigneusement arrosée ou même lavée qu'une chaussée d'asphalte. On peut donc considérer le goudronnage dans les grandes villes non pas comme un succédané de l'arrosage à l'eau, mais comme un moyen assez peu dispendieux d'augmenter la solidité et la durabilité du macadam.

Cette propriété de diminuer la production de la poussière par le revêtement même et de fixer en même temps la poussière d'apport d'une façon permanente, n'est possédée que par un produit qui maintient une humidité continuelle à la surface de la route. Les sels hygroscopiques, le pétrole et les produits

où ces matières entrent, appartiennent à cette catégorie de remèdes.

L'Office de la propreté générale a d'abord essayé les sels hygroscopiques (*chlorures de magnésium et de calcium*), ainsi que les produits dont ils constituent la base et qui se vendent dans le commerce à grand renfort de réclame. Les expériences ont donné les mêmes résultats qu'on obtient à l'étranger sous ce rapport. Le procédé est assez dispendieux (35 à 50 heller ou centimes par mètre carré et par an, suivant les conditions atmosphériques), la fixation de la poussière n'est acquise que pour très peu de temps (trois à six jours), et il suffit même d'une pluie moyenne pour faire couler le produit de dessus le macadam et pour rendre nécessaire le renouvellement de l'opération.

Après l'insuccès des expériences avec les sels hygroscopiques, l'Office porta principalement son attention sur le *pétrolage* des routes, qui est pratiqué depuis assez longtemps en Amérique et en Russie surtout. Le pétrolage aux huiles brutes empêche sans doute parfaitement, pendant assez longtemps, la poussière de se former ; mais le fait que cette opération ne va pas sans répandre une odeur désagréable et que la matière employée est très facilement inflammable interdit de recourir à ce procédé pour les routes bordées d'habitations.

L'Office s'est donc mis en devoir de remédier autant que possible à ces inconvénients et de découvrir une huile bon marché qui possède la propriété de fixer la poussière au même degré que l'huile brute sans avoir ses désagréments, et surtout ni son odeur pénétrante ni son inflammabilité.

Après bien des essais, il a réussi à trouver une matière qui satisfait assez bien à la plupart des exigences. En distillant le pétrole brut, on obtient comme sous-produit ce qu'on appelle « l'huile bleue », qu'on peut déjà utiliser pour la fixation de la poussière, mais qui a toujours une forte odeur parce qu'il contient encore des éléments très volatils. Quand on débarrasse cette huile bleue de ses éléments volatils à une température de 300° centigrades en la traitant par l'acide sulfurique et en l'exposant dans un courant d'air violent, on recueille un produit assez inodore, très difficilement inflammable et utilisable même pour les routes où les habitations sont serrées, comme moyen inoffensif de combattre la poussière sur le macadam.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une huile qui, par une distillation incomplète, ne conserve que des traces d'élé-

ments volatils à 31° centigrades, et dont le poids spécifique à 15° cent. est de 0,89, la viscosité à 25° cent. de 4,60 ; son point d'inflammabilité est 150° centigrades ; il conserve sa fluidité à + 8° centigrades et retient 4,5 parties pour 100 de goudron soluble dans l'acide sulfurique concentré. Ce produit peut être fabriqué par toute distillerie de pétrole et coûte ici, en Hongrie, 6 couronnes 50 heller les 100 kilogrammes en 1909 (6 fr. 80).

Les propriétés à exiger de cette huile dépendent essentiellement des conditions climatériques de l'endroit et doivent, en conséquence, être établies dans chaque ville par l'expérience. Le prix variera aussi suivant les pays.

Il ne faut pas confondre notre huile, qu'on emploie en solution concentrée, avec celles qu'on utilise surtout en Allemagne, et qui s'émulsionnent à l'eau.

Pour préserver, à Budapest, une route macadamisée de toute poussière pendant une saison entière, il faut l'imprégner d'huile trois fois par an. Il convient d'effectuer le premier huilage dès le commencement du printemps, par un temps sec et par une température inférieure à 10° centigrades ; le macadam à enduire doit être bien sec et n'être plus à l'état de neuf. Il y a lieu de poser en règle qu'un revêtement de macadam ne peut recevoir une première imprégnation d'huile que six ou huit semaines au moins après son établissement, afin d'éviter un dangereux déchaussement des matériaux. Juste avant le répandage de l'huile, il faut, de plus, débarrasser radicalement la surface de tout déchet organique, sans toutefois faire disparaître les matériaux du revêtement, comme c'est la plupart du temps nécessaire pour le goudronnage.

Comme on le pense, le répandage de l'huile s'effectue de la manière la plus simple, de la même façon et avec le même outillage que l'arrosage à l'eau. Comme l'huile est très visqueuse, il ne faut pas la répandre chaude ; c'est là un avantage notable, doublé d'ailleurs par la faculté de laisser libre cours à la circulation pendant l'huilage, étant donné l'infiltration rapide de l'huile. Il faut seulement veiller à ne pas répandre trop d'huile à la fois. Pour la première fois, il suffit d'un kilogramme d'huile par mètre carré, et pour toutes les autres, d'un demi-kilogramme.

Il suffit de trois huilages pour la plupart des routes. Le second répandage doit avoir lieu environ quatre à six semaines après le premier, le troisième environ six à dix semaines après le second, et c'est suffisant, dans la plupart des cas, pour aller

jusqu'à la fin de la saison. Pour beaucoup de rues, il suffit parfaitement de deux huilages pour la saison ; il en est aussi qui demandent quatre huilages, notamment celles qui sont exposées au soleil et qui desservent une circulation très intense ; mais, en moyenne, trois huilages sont la règle.

Ainsi, pour préserver une chaussée macadamisée de poussière pendant toute la saison, il faut l'enduire annuellement d'une quantité moyenne de 2 kilogrammes d'huile (1 + 1 1/2 + 1/2). Comme l'huile coûte 6 heller 5 (0 fr. 065 le kilogramme, on n'a besoin par an et par mètre carré que de 13 heller (0 fr. 13) d'huile ; il faut ajouter les frais accessoires (prix des charrois, etc.) qui montent, en chiffres ronds, à 1 heller (ou centime), chiffres vérifiés par l'expérience, de sorte que l'huilage des rues revient environ à 14 heller (ou centimes) par mètre carré et par an. Comme l'arrosage à l'eau coûte de 9,1 (0 fr. 091 à 10,5 heller (0,105) et en moyenne 9,8 heller (0 fr. 098), l'huilage ne coûte que 4,2 heller (0 fr. 042) en plus.

Or, la question se pose de savoir si cet excédent de dépenses se trouve justifié ou non.

Il n'est pas discutable que, pour l'ingénieur routier, l'huilage ne peut pas être comparé au goudronnage, bien que l'huilage ait également pour effet de prolonger la durée du macadam dans une moindre mesure. Il possède également la propriété d'imperméabiliser la matière liante et, par suite, d'empêcher l'action dégradante des eaux de pluie.

Les essais faits ici jusqu'à ce jour montrent bien que l'huilage augmente la longévité du revêtement : c'est ce dont témoignent tous les ingénieurs auxquels incombe l'entretien de nos routes macadamisées.

Mais il a une tout autre importance pour l'autorité qui veille à la salubrité des rues.

On reconnaît, en général, qu'il faut arroser de trois à six fois à l'eau les chaussées macadamisées, et encore ne sont-elles jamais exemptes de poussière. A proprement parler, l'arrosage à l'eau n'est rien d'autre qu'un moyen d'assurer la subsistance des espèces les plus diverses de bactéries et de couvrir alternativement la chaussée de boue et de poussière, c'est-à-dire d'introduire les germes infectieux soit dans les habitations sous forme de boue, soit directement dans les organes respiratoires sous forme de poussière.

L'huilage a pour but principal de remédier à cette insalu-

brité ; ses avantages au point de vue de la technique de la construction des routes n'ont qu'une importance secondaire. Non seulement l'huilage empêche la production de poussière par le macadam même, mais il fixe également et toujours la poussière d'apport dès son apparition. Une route de macadam qui a été huilée conserve toujours également son immunité contre la poussière, quelles que soient les circonstances, par les plus fortes chaleurs d'été comme par le vent le plus violent. Même la circulation automobile la plus intense n'y peut soulever aucune poussière.

Pour déterminer les effets de l'huilage au point de vue de l'hygiène, l'Institut bactériologique municipal et la Section de l'Hygiène de l'Université de Budapest ont fait plusieurs expériences intéressantes, qui démontrent de façon éclatante la valeur de l'huilage et méritent d'être brièvement rapportées.

L'*Institut bactériologique municipal* a déterminé le nombre de bactéries pullulant dans l'air au-dessus d'une route macadamisée ((Stefánia-út) après divers modes d'imprégnation de la chaussée, mais dans les mêmes conditions. On a exposé des plaques d'Agar pendant quinze minutes sur la chaussée et dans des conditions différentes. Ensuite, on les a placées dans un thermostat et on a compté le nombre de colonies de bactéries qui s'y développaient par 38° centigrades.

I^e^ *Epreuve.* — Circulation faible, temps sec, vent moyen, route *arrosée à l'eau* (donc avant le premier huilage) :

A. Sur une plaque exposée à même la chaussée. . . .	345	colonies de bactéries.
B. Sur une plaque exposée à 50 cm. de hauteur au-dessus de la chaussée.	45	
C. Sur une plaque promenée par un piéton pendant son exposition.	445	

IIe *Epreuve.* — Mêmes conditions que ci-dessus, mais pendant une accalmie :

A. Comme ci-dessus	122	colonies de bactéries.
B. —	74	
C. —	248	

IIIe *Epreuve.* — Les plaques exposées ont été promenées sur une voiture pendant leur exposition, donc en accélérant la

vitesse de déplacement, comme pour l'épreuve C des séries I et II. Six expériences différentes ont donné les résultats suivants :

1268	1660	1400	Colonies de bactéries.
2204	7200	4500	

Moyenne : 3 038 colonies.

IVe Epreuve. — Sur la même chaussée, *après huilage*, mais dans les mêmes conditions que pour la première épreuve :

A. Plaque promenée par un piéton pendant son exposition . . . . 44 colonies de bactéries.
B. Plaque promenée sur une voiture pendant son exposition . . . . 72 — —

Ve Epreuve. — Egalement après huilage, mais dans les mêmes conditions que pour la deuxième épreuve :

A. Plaque promenée à pied pendant son exposition. . . . . 16 colonies de bactéries.
B. Plaque promenée en voiture pendant son exposition. . . . . 56 — —

Sur la même route, par les beaux jours, dans l'après-midi, où il y a un grand mouvement de voitures, au plus fort de l'affluence, on a compté :

A. Sur une portion de la route arrosée à l'eau . . . . 2240 colonies.
B. Sur la portion huilée de la route, au même moment. 144 —

La *Section de l'Hygiène à l'Université de Budapest* a obtenu les résultats suivants dans des expériences entreprises à une autre époque sur une autre route (Gyáli-út) .

VIe Epreuve. — Quantité en milligrammes de poussière recueillie dans 100 litres d'air aspirés par une pompe :

A. Sur une portion de chaussée macadamisée *sèche*, par conséquent avant tout arrosage et tout huilage, par une accalmie. . . . 543
B. Sur une portion de chaussée macadamisée qui vient d'être *arrosée à l'eau*. 345
C. Sur une portion de chaussée macadamisée *après huilage*. . . 3

VIIe Epreuve. — Quantité en milligrammes de poussière collée dans l'espace d'une heure sur une plaque de verre de 250 centimètres carrés, enduite d'un corps gras :

A.	Mêmes conditions que dans l'épreuve IV			....	45
B.	—	—	—	....	32
C.	—	—	—	....	2

VIIIe Epreuve. — Nombre de colonies de bactéries qui se développent après une exposition d'une heure dans des coquilles de Saint-Pierre remplies de bouillon de culture :

A.	Mêmes conditions que pour la VIe épreuve			...	6500
B.	—	—	—	...	1602
C.	—	—	—	...	518

En dehors de ces expériences, d'autres ont été faites qui démontrent également qu'il y a *moins de poussière dans l'air qui circule au-dessus d'une route macadamisée qui a été huilée, que dans celui qui circule au-dessus d'une route asphaltée*, toutes choses égales d'ailleurs. Mais, comme ces expériences ne sont pas actuellement entièrement terminées, les résultats obtenus ne peuvent pas encore être publiés.

Les expériences terminées ne démontrent-elles pas déjà indubitablement les avantages considérables que présente l'huilage des chaussées macadamisées au point de vue de la salubrité des rues ? En comparaison de ces avantages, le faible excédent de dépenses ne devrait pas compter, même quand l'huilage n'aurait aucune influence sur les frais d'entretien.

A côté de ces avantages, les inconvénients de l'huilage sont minimes. Sans doute, la faible odeur qui se dégage du macadam fraîchement huilé n'est pas précisément agréable, mais elle disparaît en quelques jours et ne se sent guère par la suite. D'autre part, pour les rues où il y a de fortes déclivités, on ne peut admettre l'huilage qui ferait facilement glisser les chevaux ; mais on ne peut, non plus, ni les goudronner ni les asphalter. On s'est bien, il est vrai, plaint quelque peu que, sur les chaussées fraîchement huilées, les vêtements des passants pouvaient recevoir des taches : cela n'arrive-t-il pas également sur celles qui viennent d'être goudronnées ? En général, le public a fait bon accueil à l'huilage, de sorte que, dès l'année prochaine, *toutes* les routes macadamisées seront probablement huilées.

On peut, en résumé, indiquer comme résultat qu'actuellement, pour la ville de Budapest, l'huile décrite constitue non seulement le remède le plus efficace contre la poussière sur les routes macadamisées, mais aussi le remède le plus économique. Sans doute, le procédé n'est pas encore idéal ; mais peut-on découvrir un moyen idéal, comme on en désire un généralement, qui transforme le macadam en asphalte, rende en plus inutile l'arrosage à l'eau et, avec tout cela, ne revienne *pas cher* ?

***

Comme complément de cette petite étude, qu'il nous soit permis de dire encore quelques mots du *nettoyage moderne des villes*.

Le service municipal moderne de nettoyage comprend tous les travaux ayant trait à l'enlèvement, au transport et à la neutralisation de l'ensemble des ordures de la ville. La principale mission du service municipal est de nettoyer les rues, de lutter contre la poussière, de faire disparaître la neige tombée sur les chaussées, d'enlever et d'éloigner les balayures des rues et les ordures ménagères, et enfin de les rendre inoffensives (en les utilisant après transformation, en les consumant, etc.).

Tous ces travaux doivent être exécutés avec une méthode, une ponctualité, une concordance des plus sévères, d'autant que toutes les dispositions et le personnel servant pour chaque branche se complètent réciproquement.

La condition fondamentale d'une bonne organisation du service municipal de nettoyage, c'est donc d'avoir un Directeur spécialiste, qui sache avoir des idées d'ensemble et agir avec unité de vues.

Actuellement, l'organisation du service de nettoyage est tout autre dans la plupart des villes. Nous connaissons des villes où ce service est morcelé en divisions isolées et autonomes ; dans beaucoup de communes, il est rattaché au service des constructions des égouts des jardins publics, des incendies ou même de la police municipale. Il s'ensuit qu'il n'est guère de branche dans les services d'hygiène ou dans les services techniques municipaux où il y ait eu des progrès aussi lents. Il est vraiment inconcevable qu'on y fasse aussi peu attention, et pourtant elle occasionne dans toute grande ville des dépenses tout à fait

considérables, qui sont loin de constituer une quantité négligeable dans le budget municipal. Bien que le nettoyage moderne exige, chez les employés attachés à ce service, des connaissances spéciales, on ne s'inquiète que peu de cette condition primordiale du progrès et on place à la tête du service, des personnalités qui, sans doute, ont fait toutes leurs études, mais qui ne sont pas des « hygiénistes de la voirie ».

Malheureusement, on ne forme pas encore dans les grandes écoles des « hygiénistes de la voirie », et la plupart des véritables connaisseurs en la matière ont appris d'eux-mêmes. Il y aurait donc toute nécessité de donner une impulsion à cette sorte d'études, et cela, tout d'abord, en réglant le plus possible dans toutes les villes, le service du nettoyage avec esprit de suite et, en second lieu, en inscrivant toutes ses branches dans le programme des *Congrès Internationaux de la Route.* On arriverait par là peut-être, à faire rentrer dans la bonne voie les ouvrages sur la matière, pour le moment encore, très hétéroclites.

ALFRED BALLÓ.

(Trad. BLAEVOET.)

65611. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

E. BERTHET
Conseiller d'Etat, Directeur des Travaux publics
à Monaco

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Nettoiement et arrosage
Nécessité ou utilité — Moyens employés
Prix de revient
Comparaison avec d'autres procédés

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le présent rapport a pour objet de fournir l'ensemble des renseignements répondant à cette question en ce qui concerne spécialement la Principauté de Monaco.

Nécessité et utilité du nettoiement et de l'arrosage. — Dans un pays de luxe comme la Principauté, le nettoiement et l'arrosage sont de première nécessité.

Le souci toujours grandissant de l'hygiène et de la salubrité publiques ne permet plus aucune controverse sur la nécessité du nettoiement, quel que soit le pays considéré.

Si l'arrosage, dans certaines circonstances, peut être regardé comme moins indispensable, ce qui, d'ailleurs, pourrait être contesté, il est évident que ces circonstances ne se présentent pas à Monaco, qui doit s'efforcer et qui s'efforce en réalité d'éviter à ses visiteurs les graves inconvénients de la poussière au point de vue de l'agrément du séjour et de la santé générale.

Le grand nombre des automobiles qui sillonnent la Côte d'Azur pendant la saison rend plus impérieuse encore cette nécessité. Ainsi s'explique l'importance qu'ont prise sur le littoral méditerranéen les ligues contre la poussière, et, à ce sujet, nous ne pouvons omettre de rappeler que l'initiative de l'organisation de ces ligues peut être revendiquée par la Principauté, grâce aux patients efforts de M. le docteur Guglielminetti, si puissamment encouragés par la haute sollicitude de S. A. S. le Prince de Monaco.

Nous n'insisterons pas sur ces considérations générales et nous examinerons, sans autre préambule, l'une après l'autre, les questions du nettoiement et de l'arrosage, en commençant par le nettoiement.

II. — NETTOIEMENT

Le nettoiement a pour but l'élimination des ordures ménagères et celle des produits du balayage de la voie publique. A chacune de ces deux catégories d'immondices correspond un service spécial.

(a) Ordures ménagères

Organisation du service d'enlèvement des ordures ménagères. — L'enlèvement commence à 6 heures du matin, dans tous les quartiers à la fois. Il est fait rapidement et sans bruit. Chaque voiture, du modèle Morth, cubant de 3 mètres cubes à 3 mètres 1/4, est traînée par deux forts chevaux, bien harnachés. Aussitôt qu'elle a reçu le contenu des poubelles, elle est menée directement et au petit trot aux fours de l'usine d'incinération, où en deux minutes elle opère son déchargement, sans aucun dégagement de poussière.

A 8 heures, l'enlèvement est terminé. Les balayeurs, qui ont coopéré à la manutention des poubelles avec le tombelier affecté à chaque véhicule, ont eu le temps de faire le nettoiement de la voie publique et de laver à fond les trottoirs et les caniveaux. Les emplacements occupés par les stations de voitures sont l'objet d'un traitement spécial et désinfectés au pulvérisateur Durey-Sohy.

Le prix de revient de l'enlèvement des ordures ménagères proprement dites est d'environ 2 fr. 70 le mètre cube. Dès leur rentrée au dépôt, les tombereaux sont lavés, aérés et désinfectés.

Les tombereaux sont munis de tous les outils nécessaires, arrimés extérieurement avec soin et constamment tenus en parfait état d'entretien.

Le personnel, uniformément coiffé l'hiver d'une casquette et l'été d'un chapeau, est revêtu de capotes en caoutchouc destinées à l'abriter autant que possible contre les chances de contamination.

Le passage du tombereau sur chaque itinéraire est signalé par le tintement d'une cloche du type adopté par le gouvernement. Cette cloche ne doit sonner que pendant le temps de l'enlèvement.

Chaque attelage est conduit par un charretier attitré, qu'accom-



Tombereau Morht (chargement)

pagne un tombelier. Il est recommandé à ces agents d'être aussi corrects et aussi peu bruyants que possible.

Les cadavres des animaux de grande taille sont emportés par un tombereau spécial et incinérés sans délai.

Il est enlevé par an un cube total d'ordures ménagères d'environ 12 000 mètres cubes.

Le poids moyen du mètre cube est de 450 kilos.

Tombereaux. — Après de multiples essais, le choix de l'administration s'est porté sur la voiture système Morth, à 2 ou 4 roues, suivant la longueur du parcours.

Le système Morth a le grand avantage de ne pas exiger un modèle spécial de poubelles. Son étanchéité est parfaite ; son aspect est très convenable. L'ouverture à volet automatique permet l'introduction des gadoues sans qu'aucun dégagement de poussière puisse se produire. Tout l'appareil est robuste, simple et pratique. Au moyen d'une manivelle, un seul homme peut donner au tombereau l'inclinaison nécessaire pour le déchargement.

Nous avons adopté deux modèles : un pour le crottinage, de 2 mètres cubes de contenance, et un autre pour les gadoues, de 3 mètres cubes 1/4.

11 tombereaux du système précité sont employés à l'enlèvement des gadoues. Peints en gris, pourvus d'un attelage soigné, ils produisent bonne impression et n'ont rien des véhicules lamentables que l'on voit encore dans beaucoup de villes ([a]).

Incinération des ordures ménagères. — Les ordures ménagères, amenées, comme nous l'avons dit, à l'usine d'incinération, sont détruites par le feu.

Les divers moyens employés jusqu'à ce jour pour se débarrasser des détritus urbains n'ont généralement donné que des résultats imparfaits ; ils ont l'inconvénient d'être très onéreux et présentent tous des dangers pour la santé publique. Nous citerons notamment : la méthode de la putréfaction, celle du triage, la fabrication d'engrais et l'utilisation directe, le jet à la mer. Les trois premiers de ces moyens n'étaient guère applicables à la Principauté de Monaco ; quant au jet à la mer, il ne pouvait donner de bons effets qu'à la condition de remorquer au large les chalands à clapets, dont le contenu, d'ailleurs, pouvait toujours, en partie

(*a*) Un autre modèle, construit par la maison Falque et Pulpier, de Lyon, vient d'être mis en service. Plus léger que le type Morth (850 kgs à vide, au lieu de 1350 kgs que pèse la voiture Morth correspondante), il a l'inconvénient de présenter des ouvertures à tabatière, au lieu des volets glissants automatiques qui ne laissent pas se répandre la poussière.



Tombereau Morth (déchargement).

tout au moins, être ramené par des courants sur les rivages ou dans les environs immédiats de la Principauté.

Une fois adopté le système de la combustion, on avait le choix entre le four Fryer, le destructeur Warner, le four Whiley, le four Healey et le four Horsfall. Il ne peut entrer dans le cadre de notre rapide exposé de donner, même succinctement, la description de ces destructeurs. Nous ne pouvons à cet égard que renvoyer aux articles spéciaux qui ont été publiés sur tous ces systèmes.

L'usine d'incinération de Monaco fonctionne depuis le mois de mars 1898. Elle comprend 4 cellules du système Horsfall, pouvant ensemble détruire 60 mètres cubes d'ordures par jour. L'installation a coûté 80 000 francs à forfait ; les dépenses annuelles sont de 22 à 23 000 francs et la quantité d'ordures incinérées s'est élevée pour l'année 1908 à 12 000 mètres cubes environ.

Les chambres de combustion fonctionnent dix heures par jour. L'allumage a lieu le soir pour la nuit, pour que la fumée, s'il vient à s'en produire, soit moins gênante et passe inaperçue.

Pendant la journée, les ordures sèchent sur le four, qui a conservé une température suffisante pour chasser leur humidité.

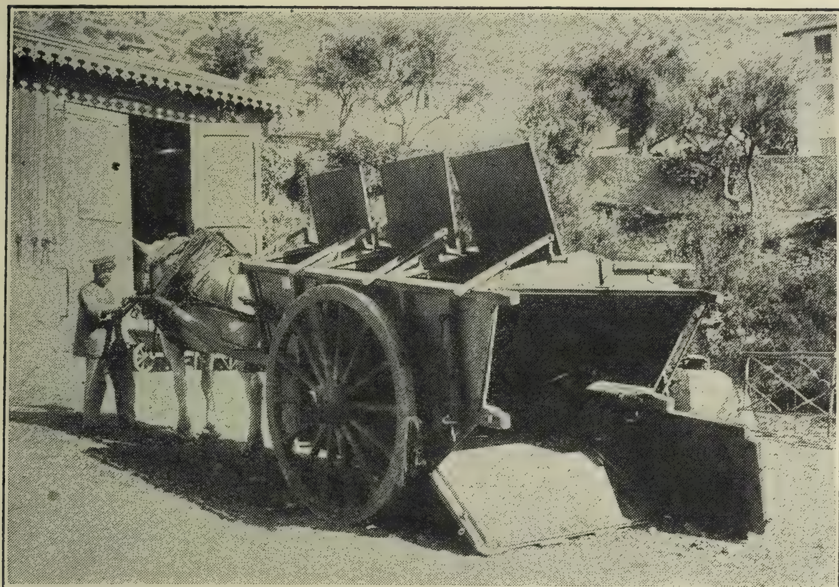
La température moyenne est de 600 à 700° ; elle peut atteindre un maximum de 1 100°, ce qui permet d'incinérer les cadavres des chevaux.

La chaudière Babcock et Wilkox multitubulaire travaille à une pression moyenne de 8 kilos ; elle est timbrée à 10 kilogrammes. Les 7/16 de la vapeur produite servent à insuffler par entraînement de l'air dans les cellules de combustion. Le reste pourrait être employé comme force motrice pour un service public (éclairage électrique, élévation d'eau, refoulement d'eaux-vannes, mise en mouvement de l'outillage mécanique du port, etc.).

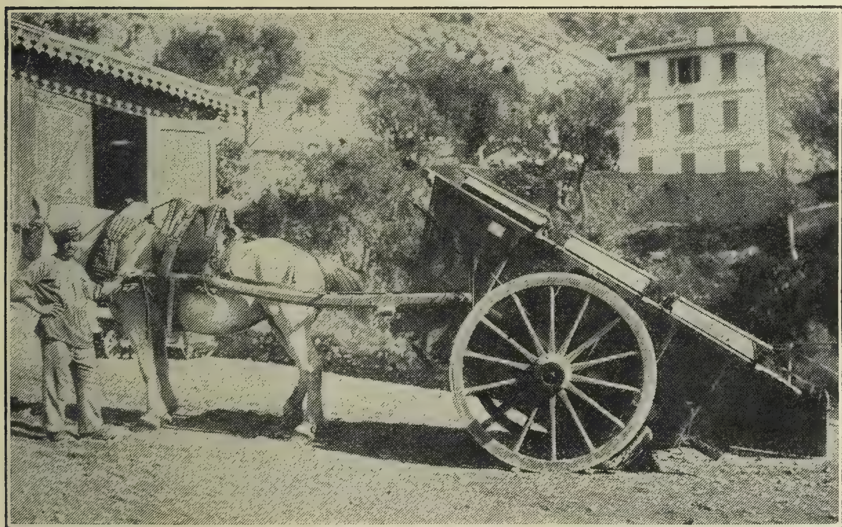
Les ordures ménagères seraient autocomburantes, si la combustion était ininterrompue. L'allumage exige chaque jour la fourniture auxiliaire de 300 kilos de poussier de coke, auquel, par les temps très humides, on ajoute une petite quantité de houille.

1 mètre cube d'ordures pèse 450 kilos et vaporise environ 1/2 mètre cube d'eau. On peut donc dire approximativement que 1 kilogramme d'ordures donne 1 kilogramme de vapeur.

L'incinération de 1 mètre cube d'ordures coûte 1 fr. 93, non compris l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement.



Tombereau Falque et Pulpier (chargement).



Tombereau Falque et Pulpier (déchargement).

Les cendres et mâchefers représentent un volume six fois moindre que celui des ordures comburées.

L'analyse des cendres démontre qu'elles contiennent 33,4 p. 100 de chaux, 2,07 p. 100 de potasse et 1,02 p. 100 d'acide phosphorique.

Le personnel de l'usine comprend :

Le jour : 1 chef d'usine, 1 chef d'équipe et 3 hommes ;

La nuit : 1 chef d'équipe et 4 hommes pendant la période d'octobre à fin mai, et 3 hommes seulement pendant l'été.

La quantité des journées de maladie est assez forte en hiver : un nouveau mode de chargement, mécanique et automatique, est à l'étude dans le but de diminuer la main-d'œuvre et surtout les dangers que, par sa nature, elle comporte pour les ouvriers.

(*b*) **Crottinage, époudrement et ébouage**

L'enlèvement du crottin — ou crottinage — s'opère de différentes façons, selon les endroits. Place du Casino, par exemple, le crottin, immédiatement ramassé dans une espèce de pelle-drague de 0^{m},50 d'ouverture, est porté dans des poubelles fixes placées dans des niches et dissimulées par le feuillage des massifs. Une voiture Morth (petit modèle de 2 mètres cubes) opère de très bonne heure la vidange de ces poubelles.

Le nombre et la contenance desdites poubelles sont calculés de façon à ce que tout le produit du crottinage et de l'époudrement y puisse être contenu largement. Ces récipients sont désinfectés au lysoforme. L'été, un peu de chlorure de chaux est répandu sur le crottin dans le courant de la journée.

A d'autres endroits est installée la poubelle sous trottoir. Une fosse à parois cimentées contient deux petites poubelles facilement maniables, dont les poignées rigides dépassent la partie supérieure de façon à pouvoir être aisément saisies. Une trappe en tôle striée ferme la fosse. Ce système est appliqué sur les points où il ne risque de provoquer aucun accident.

Sur la plus grande partie des voies publiques, nous avons essayé divers modèles de poubelles ambulantes. Nous citerons notamment les appareils dénommés Koprophor Hartwig (Autrichien) et Coactor Ghioldi (Italien).

Le Lutocar perfectionné a été choisi : cet appareil est léger, peu encombrant, d'un aspect convenable et d'un facile entretien.

Le récipient est de 100 litres. Chaque balayeur circule dans son canton avec un Lutocar, dans lequel il entrepose tout ce qu'il trouve à ramasser ; le contenu du Lutocar est déversé dans la voiture collectrice au moment de son passage.

Les itinéraires sont établis de manière à rendre impossible la présence de tas même peu volumineux sur la voie publique. Les résultats obtenus sont excellents. Les Lutocars sont désinfectés au lysoforme deux fois par semaine.

L'ébouage se fait à la raclette. La boue liquide est ramassée à l'écope. On est d'ailleurs rarement dans la nécessité de pratiquer cette opération à Monaco. Par la pluie fine, un lavage énergique assure en général un nettoyage suffisant.

Les produits du crottinage, de l'époudrement et de l'ébouage sont jetés aux décharges publiques et recouverts par des déblais et des décombres étouffant toute émanation.

Poubelles. — La forme et les dimensions des poubelles adoptées dans la Principauté varient suivant leur affectation.

Pour les gadoues (ordures ménagères), nous employons la poubelle dite « la Salubre » de la maison Mauppeu (de Lyon). Elle est simple, pratique et robuste.

La poubelle pour maison est de 60 à 70 litres. Celle pour hôtel, de 130 à 150 litres (à peu près le double de la précédente).

La « Salubre » n'a pas de charnières, mais son couvercle pivote autour d'une petite tringle fixe ; ce couvercle est maintenu pendant la vidange par un ressort robuste qui l'empêche de retomber sur les mains des chargeurs.

La forme cubique nous a paru préférable à la forme cylindrique. Préconisée par les hygiénistes pour la raison qu'elle n'offre pas d'angles rentrants difficiles à bien nettoyer, la forme cylindrique a l'inconvénient de se déformer rapidement, rendant alors impossible toute fermeture hermétique, point capital à Monaco.

Pour le crottinage, l'époudrement et l'ébouage, en plus de la poubelle mobile Lutocar, dont nous avons parlé plus haut, nous avons quantité de caisses galvanisées et peintes en gris sombre ; elles sont placées, suivant les cas, dans une niche *ad hoc*, derrière un massif de plantes ou sous trottoir. Ces récipients sont vidés et désinfectés chaque matin de très bonne heure, de manière à prévenir tout inconvénient pouvant résulter de leur présence à proximité des passants.

Du balayage. — Un balayage intelligemment fait doit nettoyer

à fond la chaussée sans jamais la désagréger. Le balayage à la main est plus coûteux que le balayage mécanique fait en grand ; mais il réalise de façon plus parfaite les conditions de viabilité que doivent réunir les chaussées d'une ville de luxe et d'agrément.

L'enlèvement de la poussière peut s'opérer avec le racloir ou le balai ; mais l'emploi du racloir suppose une certaine épaisseur de détritus qui, d'une manière générale, ne doit pas être atteinte sur les routes que nous entretenons.

Le service du balayage comprend deux zones qui s'étendent de l'axe du vallon de Sainte-Dévote à chacune des frontières Est et Ouest de la Principauté. Dans chaque zone, un surveillant est responsable de sa bonne tenue. La zone est divisée en cantons numérotés, ayant chacun son balayeur attitré. La superficie d'un canton est d'environ 3 000 mètres carrés (y compris trottoirs et caniveaux).

Le balayeur n'a pas seulement à faire disparaître la poussière, la boue et le crottin ; il doit arroser son canton et nettoyer les bouches d'égout, siphons, puisards, grilles, etc.

En sus des balayeurs attachés à un poste fixe, une équipe volante, dirigée par un élève surveillant de zone, est mise à la disposition, tantôt de la zone Est, tantôt de la zone Ouest. Elle procède plus spécialement, après un léger arrosage, à un *brossage* à fond de la chaussée, opération qui donne les meilleurs résultats.

A l'équipe volante incombent :

Le curage des vallons, des bassins et des lavoirs ;

L'enlèvement des algues que les coups de vent jettent sur le rivage ;

Le nettoiement des plages ;

La désinfection de certains locaux, recoins, impasses, etc.

Un homme est spécialement chargé du nettoyage des lavoirs et deux hommes sont détachés au service des ponts et chaussées de France pour assurer une plus grande propreté sur la route nationale n° 7 aux abords immédiats de la Principauté.

De l'équipe volante dépend aussi le curage des éjecteurs de l'usine de refoulement des eaux-vannes.

Le balayage est fait à la main, ainsi que nous l'avons dit ; à cet effet, nous nous servons de la brosse de piazzava ; pour les voies en ciment ou en briques, nous faisons usage du balai en paille de riz. Quant au balai de bouleau, malgré son prix inférieur, nous l'avons abandonné.



Coactor Ghioldi — Lutocar — Koprophor Hariwig

Quelques essais de balayage mécanique, à traction animale, ont été faits, mais les résultats n'en ont pas été satisfaisants : le balayage mécanique, par les temps secs fréquents dans la Principauté, soulève des nuages de poussière, qu'un arrosage préalable ne suffit pas à combattre efficacement.

Brossage. — Le brossage à fond, opéré par l'équipe volante, une demi-heure après un léger arrosage, produit les meilleurs effets et rend la chaussée nette et saine. La chaussée ainsi mise à nu s'use moins que sous une couche de poussière, qui, loin de remplir l'office d'un matelas protecteur, paraît au contraire agir sur l'empierrement à la façon d'une poudre d'émeri.

Ce procédé d'époudrement par brossage est préférable au lavage, qui entraîne la matière d'agrégation et ravine la chaussée. En outre, le sable et la terre ainsi entraînés encombrent les égouts : à la Condamine, notamment, ils risquent parfois d'engorger les éjecteurs.

La surface balayée à Monaco est d'un peu plus de 200 000 mètres carrés.

Le nettoiement proprement dit, y compris les plages, vallons, stations de voitures, revient à environ 50 000 francs par an.

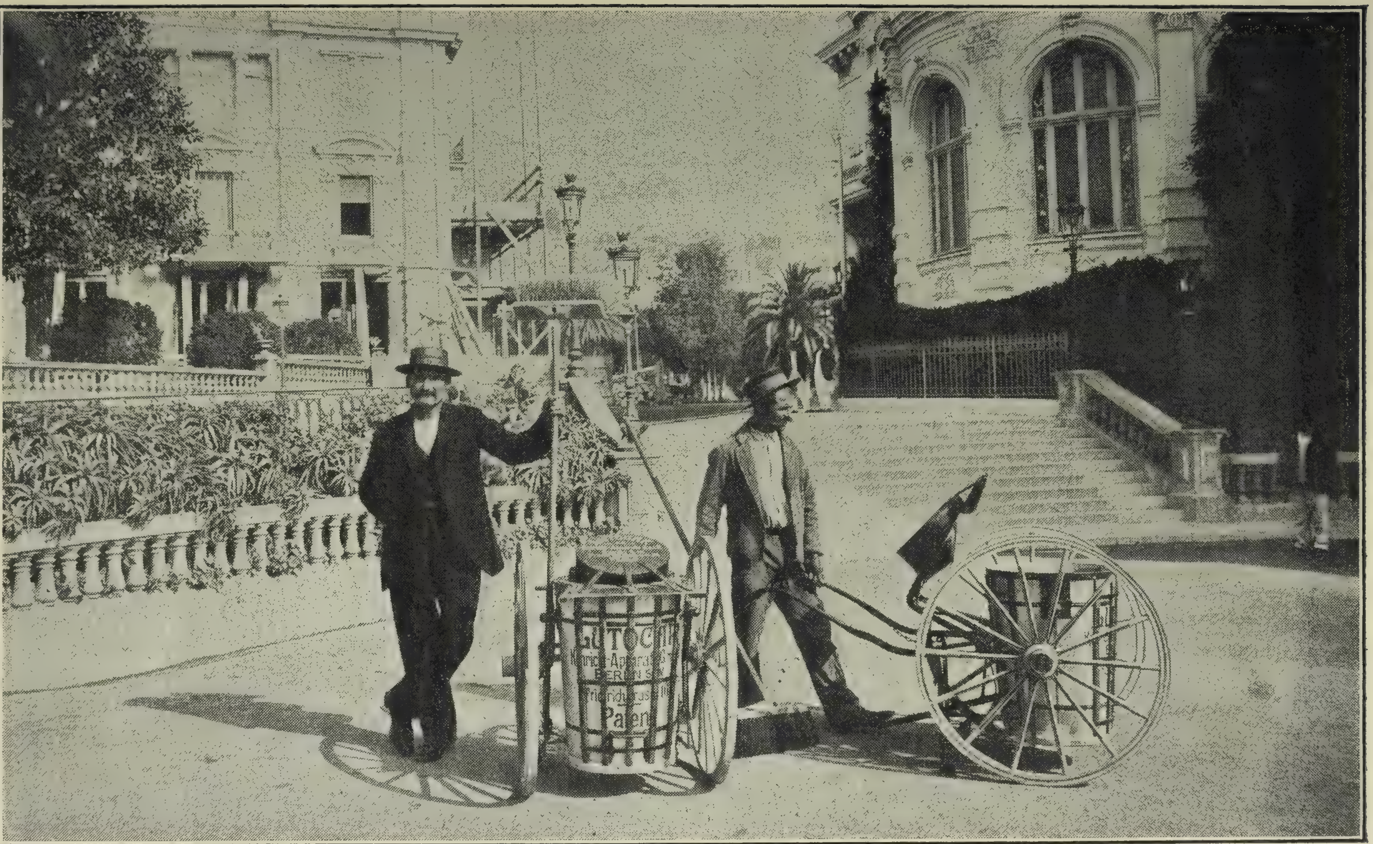
Depuis quelques années, les automobiles, en écrasant le crottin, rendaient la chaussée très glissante. Pour combattre cet inconvénient, nous avons adapté au balai en piazzava une petite lame en tôle d'acier, insérée entre le bois et la brosse et faisant à peine saillie de 3 centimètres : ce grattoir, quand on le promène sur le sol, enlève toute la matière glissante sans écorcher l'empierrement.

III. — ARROSAGE

D'une manière générale, l'arrosage de la Principauté est fait à la lance, appareil moins encombrant que la tonne d'arrosage [a].

Chaque balayeur est muni du matériel nécessaire ; il arrose aussi souvent que le comporte l'état hygrométrique de l'atmosphère : il est responsable de son service et met son amour-propre à s'en acquitter pour le mieux.

(a) Pour compléter notre outilllage, nous venons d'acheter 2 arroseurs autos à jet sous pression, du modèle adopté par la ville de Paris pour le Bois de Boulogne.



Lutocar.

Nous avons renoncé à la lance montée sur roulettes, qui est une gêne pour la circulation, surtout sur des chaussées que parcourent à grande vitesse d'innombrables automobiles. Le tuyau sur roulettes a été remplacé par un tuyau en caoutchouc de bonne qualité protégé par une spirale en fil d'acier.

Nous avons essayé divers systèmes pour modifier la force du jet. Mais ces appareils — tout au moins ceux que nous avons expérimentés — ont l'inconvénient d'occasionner de trop brusques arrêts : l'eau circulant à grande vitesse donne un coup de bélier qui disloque le tuyau et le crève fréquemment, malgré l'élasticité du caoutchouc, qui, dans une certaine mesure, cède à la violence de l'effort. Un arroseur expérimenté, en posant le doigt sur l'orifice de la lance, modifie le jet d'une manière moins brutale que ne le fait, par exemple, la manœuvre d'un robinet. Quand il veut arrêter l'écoulement, le cantonnier couche la lance dans le caniveau et va fermer l'admission à l'origine du tuyau.

Par les temps secs, nous procédons le matin à un bon arrosage, avec lavage des trottoirs et des caniveaux ; après quoi nous passons au balayage à fond de la chaussée. Il est fait ensuite, dans la journée, deux, trois, quatre et même cinq arrosages très légers, pour éviter la poussière sans former la moindre boue.

Cette méthode nous donne d'excellents résultats : la chaussée se maintient dans un parfait état de souplesse et d'élasticité et dure en réalité plus longtemps.

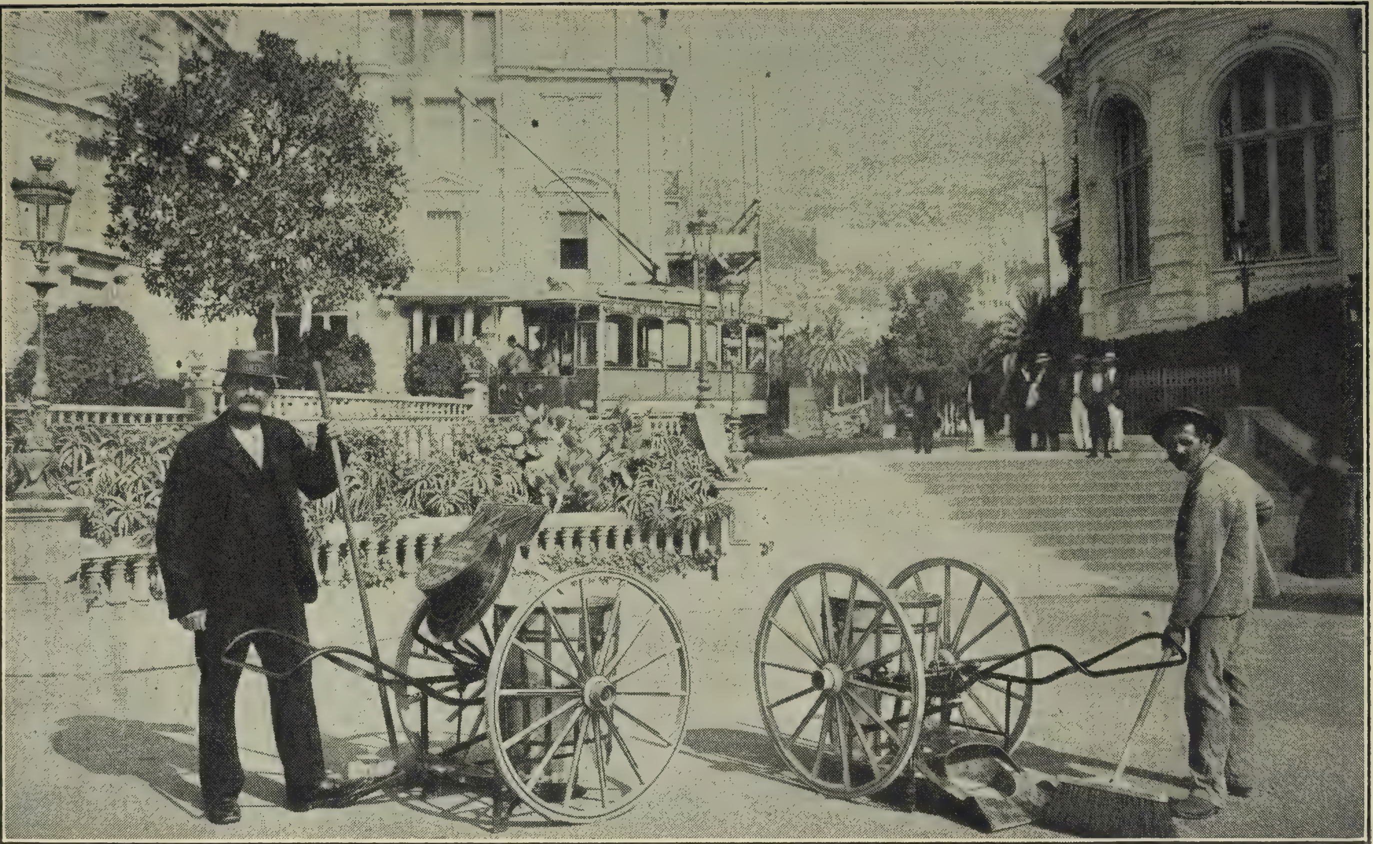
Les arbres sont arrosés en même temps que les voies publiques.

Le prix de revient par mètre carré et par jour est d'environ 0 fr. 00023 (prix de l'eau non compris).

Si l'on compte par an 300 jours d'arrosage, la dépense annuelle par mètre carré est d'environ 0 fr. 07.

Pour 200 000 mètres carrés, elle est donc de 14 000 francs par an, mais, nous le répétons, ce chiffre ne comprend pas le prix de l'eau.

A ce sujet, la question a été agitée de l'arrosage à l'eau de mer, dont l'emploi serait ici très économique. Dans les pays de soleil, la présence des sels déliquescents que renferme l'eau de mer n'aurait pas à cet égard les inconvénients avec lesquels il faudrait compter sous un ciel couvert ; elle aurait plutôt l'avantage de prévenir la formation de la poussière et d'entretenir une très légère humidité du sol arrosé.



Lutocar

On a parfois employé l'eau de mer en Corse pour l'exécution de rechargements qu'il eût été coûteux et difficile d'approvisionner en eau douce et, grâce au climat, on n'a jamais eu à le regretter. Mais à Monaco, des conditions toutes spéciales s'opposent à cet emploi : la boue, quand elle contient des sels, brûle les chaussures, tache les étoffes, et l'on conçoit dès lors avec quel soin doit être évité l'arrosage à l'eau de mer dans un pays d'élégance tel que la Principauté.

Les boîtes d'arrosage sont espacées de 20 mètres en moyenne ; la pression de l'eau varie entre 5 et 6 atmosphères.

IV. — QUESTIONS DIVERSES

Il nous reste à dire quelques mots de certaines questions qui se rattachent plus ou moins directement à l'objet principal de cette étude.

Sablage des voies. — Sur certains points, l'humidité de la nuit rend la chaussée glissante. Pour remédier à ce défaut, nous approvisionnons, l'hiver, du gravier de mer propre et fin aux endroits qui peuvent nécessiter un sablage. Ce gravier est mis en réserve dans des poubelles placées sous trottoir ou dissimulées d'une manière quelconque.

Dès que la voie devient glissante, le balayeur jette à la volée quelques pelletées de sable sur le sol. Cette opération est d'ailleurs entièrement distincte du sablage que le personnel des tramways effectue sur les rails pour empêcher le patinage.

L'expérience nous a démontré que le petit gravier de mer est préférable au sable des ateliers de pavage, couramment employé pour le sablage dans bien des villes.

Le sablage ne nous coûte guère plus de 300 francs par an ; mais ce prix très bas s'explique par ce fait que le gravier de mer est pris gratuitement sur la plage.

Nettoiement et désinfection des stations de voitures. — Les stations de voitures à traction animale nécessitent, surtout dans les pays chauds, un soin tout particulier.

Deux forts lavages par jour sont absolument nécessaires. Mais comme les déjections liquides des animaux s'imprègnent entre les pavés et pénètrent profondément dans la chaussée, une véritable

désinfection s'impose : nous employons à cet effet le lysoforme, l'eucalyptol et la Créoline Pearson, que nous répandons au moyen du pulvérisateur Durey-Sohy.

Nous venons d'établir pour les stations de voitures des zones de pavage en briques demi-polies, posées de champ. Ces briques sont établies sur une couche de $0^m,10$ d'un béton composé de 1 mètre cube de gravier, $0^{m3},625$ de sable et 200 kilogrammes de ciment et recouvert d'une chape en mortier de ciment. Les joints entre les briques ont une largeur maxima de $0^m,01$ et sont lissés avec soin. Ce revêtement revient à 10 francs par mètre superficiel et donne les meilleurs résultats au point de vue de la salubrité.

Nettoiement des plages et vallons. — Il nous faut souvent procéder au nettoiement des plages. Les fragments métalliques, les menus morceaux de bois, les tessons de verre ou de poterie sont enterrés. Les algues et les débris de coquillages, mis en tas, sont saupoudrés de chlorure de chaux et finalement enlevés le matin par des tombereaux couverts ne répandant aucune odeur. Les détritus combustibles sont brûlés.

Le nettoiement des plages, variable d'une année à l'autre, revient en moyenne à 2 000 francs par an.

Les vallons sont débarrassés toutes les semaines des objets qui peuvent souiller ou encombrer leur lit. Le curage des torrents est fait dès qu'il devient nécessaire ; les produits du curage sont désinfectés au chlorure de chaux. *Nous n'avons jamais à faire de faucardement.*

Lutte contre la poussière. — Les parties de voie en palier sont coaltarisées. La couche de goudron constitue pour la chaussée un revêtement protecteur et prévient la formation de la poussière et de la boue que donne ailleurs l'usure des matériaux. Aucun système, bien entendu, ne peut empêcher la poussière d'apport : il faut donc toujours un léger lavage pour faire disparaître celle-ci.

L'uni de la surface facilite la traction, sans faire glisser les chevaux, pourvu que la déclivité ne dépasse pas $0^m,04$ par mètre.

Le mètre carré de coaltarisation revient à 0 fr. 20.

L'huilage et le pétrolage ne nous ont pas assuré d'aussi bons effets. Ces liquides donnent à la route une teinte brunâtre qui ne convient pas à nos avenues. En outre, ces produits ont le grave inconvénient de tacher les chaussures et le bas des robes, ainsi que les escaliers de marbre des villas.

Les prix de revient, élevés pour le résultat obtenu, ont été les suivants :

Apulvite. . .	0 fr. 074	par mètre carré et par arrosage.
Pulveranto. .	0 fr. 1012	— —
Rapidite. . .	0 fr. 1097	— —
Odocréol. . .	0 fr. 124	— —
Westrumite .	0 fr. 138	— —

L'emploi de sels déliquescents ne nous a pas non plus donné satisfaction. Ce mode de production de l'humidité coûte plus cher que l'arrosage ordinaire, du moment qu'on a l'eau à bon compte ; il donne d'ailleurs naissance à une boue noirâtre et visqueuse.

L'arrosage au chlorure de calcium revient, par arrosage, à 0 fr. 10 le mètre carré ; pour l'*akonia*, le prix est de 0 fr. 12.

Bouches d'égout. — Avant de terminer cette courte étude, nous devons dire quelques mots de nos bouches d'égout perfectionnées.

Afin d'assurer d'une façon complète l'assainissement des voies de la Principauté, on a muni chaque bouche d'égout d'un appareil inodore. Ce dispositif supprime les nombreux et graves inconvénients des bouches d'égout vieux système qui existent encore en bien des villes.

Avec les anciennes bouches, en effet, on a constaté que les jours de pluie elles fonctionnent très imparfaitement : uné grande partie des eaux qu'elles devraient recevoir passe devant sans entrer et continue à courir le long du caniveau, entraînant sur son passage tous les détritus, qui finissent par obstruer en aval les bouches dont la position permet aux eaux et aux matières solides une plus commode introduction.

A ces inconvénients, il faut ajouter les odeurs nauséabondes qui se dégagent de ces ouvertures, suivant la pression barométrique et le vent. Il est d'ailleurs malaisé de tenir constamment ces appareils en parfait état de propreté.

Grâce au nouveau type de bouche en fonte adopté par la Principauté, toutes ces défectuosités ont disparu.

Cette bouche comporte un couvercle à bascule permettant un nettoyage rapide et complet ; un panier en fer, à mailles fines, laissant naturellement passer les eaux, mais retenant les terres et les détritus qu'entraînent les eaux tombant dans l'égout.

Il existe en outre, entre ce panier et le bord de la chaussée, un caniveau profond, faisant office de siphon, grâce à un tablier mobile vertical qui plonge dans une couche d'eau et intercepte les odeurs.

Un regard permet le nettoyage du panier qui reçoit les terres et détritus et rend très facile sa désinfection.

En résumé, les caractéristiques de cette bouche sont :

1° Un regard de visite permettant la désinfection des égouts et la manœuvre du panier ;

2° Le panier, léger, à mailles fines, à fond plein ;

3° La grande cuvette ;

4° La grille captatoire, mobile ou fixe ;

5° Le coupe-air mobile et interchangeable ;

6° Le système de ventilation, qui mérite une attention spéciale.

Le prix de cet appareil est très modéré, si l'on considère la réunion de tous les avantages qu'il comporte : il est à souhaiter qu'il soit largement adopté par les municipalités.

V. — CONCLUSION

Monaco, ville de grand luxe, ne recule devant aucun sacrifice au point de vue du nettoiement et de l'arrosage de ses voies publiques.

Sous la haute direction du gouvernement, la Société des bains de mer, agissant comme le ferait un entrepreneur général, apporte un soin tout particulier à l'entretien de la viabilité par les procédés les plus parfaits et au prix des plus grands sacrifices.

Il ne faut donc pas s'étonner si les prix de revient que nous avons eu l'occasion de donner semblent parfois élevés. Le luxe en tout genre est chose coûteuse et, dans la Principauté, tout doit être luxueusement traité. Compromettre par des économies mal entendues le bon renom que s'est justement acquis la Principauté dans le monde serait aller à l'encontre de la volonté souveraine, qui vient de donner une preuve nouvelle de sa haute sollicitude pour les travaux de voirie en associant à leur surveillance et à

leur contrôle la commission municipale. Le concours de cette dernière ne peut que faciliter notre tâche et nous comptons profiter de cette collaboration pour parer aux derniers desiderata que nous pourrons reconnaître ou qui viendront à nous être signalés.

Monaco, le 20 *Octobre* 1909.

E. BERTHET,

Conseiller d'État, Directeur des Travaux Publics.

65510. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIᴱ CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
4. Question

NETTOIEMENT ET ARROSAGE

NÉCESSITÉ OU UTILITÉ — MOYENS EMPLOYÉS
PRIX DE REVIENT
COMPARAISON AVEC D'AUTRES PROCÉDÉS

RAPPORT

PAR

J. C. ROSHAŬW
Ingénieur principal
Directeur du Service de la Voirie
Kristiania

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

NETTOIEMENT ET ARROSAGE DES CHAUSSÉES
DANS LES GRANDES VILLES

INTRODUCTION

Jusqu'en 1877, les travaux du nettoiement des chaussées publiques à Kristiania étaient répartis entre la Commune et les propriétaires riverains, de telle sorte que ces derniers se chargeaient du nettoiement des surfaces pavées contiguës à leur propriété, tandis que ce travail, pour toutes les rues macadamisées et tous les trottoirs gravelés, était à la charge de la Commune.

Depuis l'année 1877, la Commune s'est également chargée du nettoiement des surfaces pavées de certaines rues, de sorte que le nettoîement obligatoire pour les propriétaires dans ces quartiers se restreint à l'obligation d'enlever la glace et la neige amoncelées sur les trottoirs pavés et asphaltés.

Tout le nettoiement des autres chaussées privées doit, par contre, être encore assuré par les propriétaires du terrain avoisinant et ne regarde pas la commune.

Nécessité ou Utilité

Dans presque toutes les grandes villes et notamment à Kristiania, on reconnaît à présent et en général que le nettoiement et l'arrosage des rues n'offrent pas seulement un avantage désirable, mais qu'ils sont aussi, au point de vue esthétique

et sanitaire, d'une nécessité absolue qui s'accroît proportionnellement à la circulation toujours croissante et au nombre de plus en plus élevé des constructions.

En ce qui concerne l'utilité économique d'un nettoiement effectif des chaussées au moyen de l'arrosage, celui-ci a, en première ligne, pour but de consolider la chaussée.

Il a été constaté, en effet, par des essais, qu'une chaussée couverte de poussière souffre plus sous l'action de la circulation, qu'une chaussée balayée.

Moyens employés

Pour ce qui est des méthodes et moyens employés au nettoiement et à l'arrosage des chaussées dans les grandes villes, je n'indiquerai ici que les méthodes employées et les expériences faites à Kristiania, en remarquant, toutefois, que celles-ci ne sont pas entièrement applicables à des villes ayant un climat plus doux et soumises à d'autres conditions; par exemple, il est ailleurs rare ou exceptionnel qu'une quantité suffisante de neige permette, en hiver, pendant une assez longue période, que la circulation se fasse à l'aide de traîneaux.

Le nettoiement des chaussées à Kristiania comprend :

a. Le nettoiement ordinaire ou avec ou sans arrosage préalable.

b. Le ramassage du fumier de cheval;

c. Les travaux de la neige;

d. Le sablage des rues.

e. L'arrosage.

a. Nettoiement ordinaire.

Comprend le balayage des chaussées et des trottoirs. Par les temps humides, il est en outre souvent nécessaire de racler les chaussées macadamisées.

Les travaux du nettoiement se font en partie à la main, en partie au moyen de machines. D'après les expériences faites à Kristiania, il est, au point de vue économique, plus avantageux de faire faire le balayage par la machine qu'à la

main, et ce n'est qu'exceptionnellement que cette dernière méthode s'emploie.

Le balayage à la main se fait, en général, avec des balais en « piazzava ». Les machines employées au balayage sont à quatre roues, tirées par un cheval.

Les machines balayeuses pourvues d'un réservoir d'eau arrosant la rue pendant l'opération, ne s'emploient pas ici, car elles sont trop lourdes pour le terrain accidenté de la ville, et il n'est guère avantageux, au point de vue économique, d'employer deux chevaux aux machines.

On n'a pas ici fait d'essai avec balayeuses à moteur.

Quand la boue est particulièrement épaisse et tenace, elle ne se laisse enlever ni par les balais à mains ni par les machines. Il faut alors se servir de pelles, de racloirs et de machines construites spécialement pour cet usage.

Le transport des ordures se fait au moyen de voitures ordinaires à quatre roues pouvant contenir environ 0 m^3 8 ou, lorsque les ordures sont détrempées au moyen de voitures munies de caisses en fer étanches à peu près de mêmes dimensions que les voitures ordinaires.

Il a été démontré à Kristiania que le procédé le moins coûteux pour se débarrasser des ordures des quartiers centraux de la ville était d'utiliser des gabares construites dans ce but et dont le fond est en partie mobile. Ces gabares remplies sont remorquées dans le fjord où leur contenu est vidé en ouvrant les parties mobiles du fond. On transporte également une partie des ordures à des endroits spécialement réservés dans la ville ou dans ses environs immédiats. On peut de même parfois les déposer dans des jardins, parcs, etc., pour servir de fumier. C'est à cet emploi seul que sont réservées les ordures provenant des chaussées pavées, et consistant principalement en fumier de cheval.

Il a été question de faire construire ici un établissement pour brûler les ordures, mais ce projet n'a pas été réalisé.

b. Ramassage du fumier de cheval.

En dehors du balayage ordinaire des chaussées qu'on exécute dans des conditions normales et selon la fréquentation des rues, d'une à six fois par semaine, il a été reconnu utile

d'avoir continuellement des ouvriers dans les rues principales pour ôter le fumier de cheval, afin que ces rues puissent, en tout temps, se présenter dans un état assez propre. Pour ramasser le fumier de cheval, on emploie des personnes d'un certain âge qui sont moins capables que d'autres de se charger d'un autre travail. Ces travailleurs sont munis d'une brouette légère dont ils vident le contenu dans de petites caisses en tôle galvanisée placées à une distance convenable le long du trottoir. Ces caisses à couvercle sont régulièrement vidées dans des voitures ambulantes par lesquelles le fumier de cheval pur, ainsi obtenu, est transporté ailleurs. Ce fumier se vend avantageusement aux jardiniers et paysans.

c. Travaux de neige.

Pendant les hivers neigeux, ces travaux peuvent être, même sous une latitude plus basse, très longs et coûteux. A Kristiania, les travaux de neige ne comprennent pas seulement l'enlèvement de la neige des rues, mais aussi l'entretien et la réparation des chemins praticables aux traîneaux. Aussitôt le froid venu et la neige tombée assez abondamment pour que les traîneaux puissent circuler, le travail consiste à maintenir les chemins praticables aux traîneaux aussi longtemps qu'on se sert de ces véhicules dans les environs de la ville. Cette situation dure, en général, pendant plusieurs mois de l'hiver. Pendant ce temps, les trottoirs pavés et asphaltés sont seuls débarrassés de la glace et de la neige; les trottoirs gravelés gardent en partie leur couche de neige, celle-ci étant toutefois maintenue à une épaisseur uniforme au moyen des chasse-neige, de râteaux, etc.

Comme je viens de le dire, il est d'une grande importance qu'on conserve la neige sur les chaussées aussi longtemps que possible, pour faciliter la circulation des traîneaux. On en enlève donc aussi peu que possible après chaque chute. Après les petites chutes, on la laisse où elle tombe, la circulation ayant pour effet de l'aplanir par couches successives. Aux grandes chutes de neige, le chasse-neige est aussi employé sur les chaussées pour faciliter la circulation.

On n'enlève même pas les tas de neige amassés ainsi des deux côtés des égouts, on y jette également la neige provenant des trottoirs.

Cette dernière sert plus tard à réparer la surface gluante des chaussées dont la neige s'est peu à peu trouée et est devenue sale. On essaie de maintenir la couche de neige des chaussées sur une épaisseur uniforme d'environ 15 centimètres.

Les égouts doivent, au contraire, être ouverts en tout temps et libres de glace pour permettre à l'eau, venant de la neige fondue, de s'écouler facilement.

A la sortie de l'hiver, quand la neige ne permet plus guère l'emploi des traîneaux, l'enlèvement de la glace cassée et de la couche de neige sale qui restent encore dans les rues, exige un travail énorme et coûteux, demandant un grand nombre d'ouvriers et de chevaux. On casse la glace à l'aide de haches à pic et on décolle ainsi de grands morceaux à la fois. Ces morceaux mis en tas à l'aide de pelles et de bèches le long des égouts, sont de suite chargés sur des voitures, pour que les tas n'aient pas le temps de geler ensemble. La couche de neige sur les chaussées est ainsi cassée en même temps que les cordons qui pourraient encore s'y trouver, et le tout est, en général, transporté aux quais et jeté dans la mer, soit dans la ville, soit dans ses environs immédiats.

d. Sablage des rues.

On ne sable les chaussées en général que par froid sec ou quand il fait glissant, les traîneaux ne pouvant pas servir dans ce cas. Les trottoirs, au contraire, sont très souvent sablés en hiver et surtout après les chutes de neige et les gelées sèches suivies d'un changement de temps. Dans ce cas, en effet, les trottoirs se couvrent souvent tout à coup d'une couche de glace mince et glissante.

Le sable servant à ce but est emmagasiné dans des baraques à différentes places de la ville. Il est réparti au moyen de diverses équipes comprenant, en général, deux ouvriers suivis d'une voiture ou d'un traîneau attelé, portant le sable.

On a également fait des essais avec des machines construites dans ce but, mais sans obtenir un résultat satisfaisant.

e. Arrosage des rues.

Le but de l'arrosage des rues est, en première ligne, d'empêcher le tourbillonnement de la poussière par un temps

sec ou quand il fait du vent et pendant le balayage. Il a aussi pour effet de rafraîchir les chaussées aux jours chauds et, enfin, à un certain degré, de dissoudre la boue avant le balayage.

On emploie pour l'arrosage, des voitures tubulaires ou des voitures à turbines. Les premières étaient les seules employées autrefois, mais à présent on se sert à peu près exclusivement, de voitures à turbines. Les voitures sont à deux chevaux et portent environ 2 m³ 2 pour arroser, en général, 2500 mètres carrés d'un seul remplissage.

On a fait des essais avec les voitures tubulaires d'après le système Helmholz: elles travaillaient sans bruit et d'une manière satisfaisante, mais les voitures à turbines sont mieux construites ici.

Dans les faubourgs de la ville, on se sert encore parfois de chariots d'arrosage du même système que les voitures tubulaires et tirés par un cheval. Ces chars contiennent environ 0 m³ 7 et peuvent arroser environ 800 mètres carrés d'un seul remplissage.

Pendant les grands froids, l'arrosage présente bien des difficultés. On ajoute alors à l'eau environ 1,5 p. 100 de sel de cuisine, empêchant ainsi la formation de glace. On a aussi employé, à titre d'essai, du chlorure de chaux, mais celui-ci est trop coûteux.

L'arrosage au « westrumit » et autres préparations analogues, pendant l'été, n'est pas d'une efficacité en rapport avec son prix.

L'arrosage au moyen de tuyaux n'est pratiqué qu'exceptionnellement pendant la saison la plus chaude et seulement aux endroits où stationnent les cochers, etc.

Description plus détaillée des méthodes employées aux travaux

Le nettoiement des chaussées se fait en partie pendant le jour et en partie pendant la nuit. A Kristiania, on le fait pendant la nuit, à l'époque de l'année où les rues sont sans neige, c'est-à-dire, en général, pendant les mois de mai à novembre. Seules les places principales les plus fréquentées et les rues du centre sont balayées pendant la nuit. Le travail de nuit est

considéré comme très rationnel pour ce qui concerne les rues très fréquentées, où le va et vient des personnes, pendant le jour, retarde et empêche au plus haut degré un nettoiement effectif, pendant que le travail cause au public une gêne au moins égale. La durée du travail de nuit s'étend de neuf heures du soir à cinq heures du matin avec une heure de repos.

On emploie, en général, une voiture d'arrosage et trois machines balayeuses pour chaque équipe d'ouvriers composée, au reste, d'un nombre suffisant de personnes pour balayer les trottoirs, mettre en tas et charger sur les voitures. L'équipe comprend aussi trois ou quatre cochers, ayant des chevaux et voitures pour le transport des ordures. On arrose les rues immédiatement avant le balayage; dans ce but, on emploie une voiture à turbines qui, en un tour, arrose la chaussée dans toute sa largeur, et dans les rues plus étroites en même temps les trottoirs. Pendant ou après la pluie, l'arrosage n'a naturellement pas lieu, tandis que les autres travaux se font de la manière habituelle. Le travail de nuit avance rapidement et rationnellement, il est aussi, en tenant compte de son efficacité, moins coûteux que le nettoiement de jour, bien qu'on paye davantage le même nombre d'heures de nuit que de jour.

Le nettoiement de jour est effectué, pendant les mois d'été, et seulement dans les rues ayant moins de circulation, dans celles parcourues surtout par la circulation locale et aussi dans les faubourgs.

On exécute le nettoiement de jour autant que possible au moyen de machines, car leurs partisans ont déclaré qu'il est bien moins coûteux que celui à la main et qu'une machine à balayer d'un prix de 1 000 à 1 300 kr. (le krone = 1 fr. 389) est récupérée en moins de trois années, en raison de l'économie de la main-d'œuvre.

Pendant les mois d'hiver, tout le nettoiement des rues se fait le jour, ce travail étant, pendant cette saison, si variable, qu'on ne peut fixer d'avance ni itinéraire ni plan. Un jour, par exemple, il consiste surtout à relever la neige, un autre jour, on s'occupe de réparer les chemins praticables aux traîneaux, etc., tandis que les premières heures matinales sont prises pour sabler les trottoirs. Il arrive naturellement aussi

en hiver, et dans des circonstances extraordinaires, qu'on soit forcé de travailler pendant la nuit, mais ce cas est exceptionnel et se paye comme un travail prolongé.

Le ramassage du fumier de cheval tombé dans les rues principales est le seul nettoiement qui, à chaque saison, exige le même nombre de travailleurs et se fait de la même manière pendant toute l'année.

Les travaux d'hiver les plus typiques sont les travaux de neige proprement dits, qui ont pour but de conserver la route praticable aux traîneaux. Après une forte chute de neige, on met immédiatement les chasse-neige en action. On se sert de deux sortes de chasse-neige, petits pour les trottoirs et relativement grands pour les chaussées. Les deux espèces sont construites en planches de bois qui sont parallèles à l'arrière, et convergent peu à peu jusqu'à ce qu'elles se réunissent à l'avant, en formant un angle d'environ 45°. A l'intérieur, les chasse-neige sont pourvus du squelette d'étançonnement nécessaire. A l'avant et en dessous, ils portent des bandes d'acier leur permettant une marche plus légère, empêchant qu'ils ne soient aisément abimés et les rendant plus faciles à conduire. A l'avant se trouvent les crochets nécessaires à l'attelage. Les chasse-neige des trottoirs ont, en outre, à l'arrière, un manche pour les soulever et gouverner. Les plus petits chasse-neige ont une longueur de 3 mètres, une largeur de 1 m. 20 à 1 m. 50 et une hauteur de 40 centimètres. Les grands chasse-neige ont une longueur de 7 à 9 mètres, une largeur de 4 à 5 mètres et une hauteur de 50 centimètres.

On ne se sert des plus grands chasse-neige que sur les chaussées les plus larges, tandis qu'on emploie deux chasse-neige de trottoir attachés l'un à côté de l'autre, sur les chaussées moins larges et sur les trottoirs assez larges. Sur les trottoirs plus étroits, on se sert seulement d'un des plus petits chasse-neige tirés par un ou deux chevaux. Les chasse-neige sont conduits sur les trottoirs, de façon à pousser la neige des maisons vers la chaussée ou l'égout. Le brancard n'est pas attaché à la pointe de l'appareil, mais un peu plus en arrière, et de côté, de telle sorte que la pointe se dirige toujours vers les maisons et que le chasse-neige s'avance de travers par rapport à la direction suivie.

Pour tirer les plus grandes charrues à neige, il faut de huit à dix chevaux pour chaque charrue, et pour deux char-

rues à neige de trottoir attachées ensemble, trois ou quatre chevaux. Chaque charrue est accompagnée de plusieurs hommes munis de racloirs et de pelles pour déblayer les carrefours et passages. De plus, on apporte aux carrefours autant de neige ratissée qu'il est nécessaire pour que les passages deviennent libres.

Sous l'action de la circulation, l'état des voies praticables aux traîneaux devient peu à peu moins satisfaisant, même quand il continue à faire froid. La chaussée devient sale, la partie supérieure de la couche de neige d'abord ferme, devient pulvérulente et forme une couche molle et sale. Il se produit également peu à peu — et surtout dans les fortes montées — des flaches plus ou moins régulières provenant du fait des chevaux qui ont l'habitude de marcher dans les traces de celui qui vient de passer. Par les temps variables, il se forme également des flaches et des trous dans les chaussées. Pour maintenir le bon état des chemins, il est donc nécessaire qu'on les répare aussitôt que ces défectuosités apparaissent La chaussée doit d'abord être nettoyée le mieux possible par le ratissage et le ramassage du fumier de cheval et des autres ordures. La couche de neige sale, usée et pulvérisée par la circulation, est réunie à l'aide de râteaux et enlevée; puis de la neige propre, qu'on prend dans des cordons formés par les chasse-neige est mise à sa place; les saillies sont aussi aplanies à l'aide de pioches. On remplit les flaches avec de la neige, en l'arrosant, quand il fait froid, pour qu'elle gèle immédiatement et forme une masse dure.

Il appartient aux propriétaires d'enlever entièrement la glace et la neige des trottoirs pavés et asphaltés, la commune ne se chargeant que du nettoiement des trottoirs qui se trouvent devant ses propriétés. Ce nettoyage exige un travail coûteux et difficile, la couche de neige s'endurcissant immédiatement par le va et vient des personnes, et se fixant au trottoir.

Après chaque chute, toute la neige est d'abord relevée en partie à l'aide de charrues et en partie par des pelles en bois. Ensuite, on se sert de pelles d'acier aiguisées, d'une largeur de 30 à 50 centimètres, pour détacher et relever la couche plus dure. On ne permet pas l'emploi de sel ou d'autres moyens semblables pour dégeler la glace et la neige sur les trottoirs.

J'ai déjà traité des travaux de neige que l'on exécute en der-

nier lieu, quand commence le printemps, et ils comprennent la charge et l'enlèvement de la neige qui reste encore sur les chaussées.

Prix d'achat

Ci-après on trouvera les prix payés à Kristiania pour les objets les plus nécessaires :

Voitures d'arrosage à turbines à deux chevaux, environ 1 600 kr. la pièce.

Voitures tubulaires à deux chevaux, environ 1 000 kr. *Chars d'arrosage* (à un cheval), environ 300 kr.

Petites voitures à bras à réservoir en fer servant à remplir les arrosoirs à main, environ 130 kr.

Chars à fumier (voitures à bras pour le ramassage du fumier de cheval), environ 120 kr.

Machines à balayer, à quatre roues, traînées par un cheval environ 1 000 à 1 300 kr.

Machines à racler le sol des rues, à quatre roues, environ 400 à 700 kr.

Voitures pour le transport des ordures, avec caisses en fer, environ 400 kr.

Grands chasse-neige, environ 160 kr.

Petits chasse-neige, environ 50 kr.

Pelles à neige, environ 10 kr. la douzaine.

Pelles à charbon (pour le fumier de cheval et les ordures), environ 17 kr. la douzaine.

Balais « Piazzava », environ 8 kr. 50.

La mise en place du balai de Piazzava dans les cylindres des machines, environ 8 kr. 50 la paire.

Enfin, n'omettons pas de citer les *gabares en fer*, dont le fond est en partie mobile et qui servent au transport des ordures dans la mer. On en a acheté deux à Kristiania et le prix en était de 11 500 kr. la pièce.

Le nettoiement et l'arrosage se font à Kristiania par les soins de la commune, ces travaux ressortissant à l'Administration des ponts et chaussées, qui est l'une de ses directions administratives.

Les travailleurs employés sont en partie des ouvriers perma-

nents et en partie des ouvriers à la journée, les chevaux et voitures appartiennent à la commune ou sont loués. Les avantages retirés de cet arrangement sont les suivants : on a ainsi toujours un assez grand nombre d'ouvriers disponibles pour les utiliser à tout temps aux travaux les plus pressants de différentes sortes, soit au nettoiement, aux travaux de neige, à l'empierrement, au pavage. Seule une fraction des travaux faisant partie du nettoiement est donnée au concours : c'est la vidange des caisses déposées le long des trottoirs et contenant le fumier de cheval, ainsi que le transport de ce fumier.

J.-C. ROSHAÜW.

65521. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris

38

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR
BREDTSCHNEIDER
Stadtbaurat in Charlottenburg
Président des Rapporteurs
HÖRBURGER
Bauamtmann, Munich
EISENLOHR
Stadtbaudirektor und Beigeordneter, Strasbourg
FLECK
Stadtbaurat, Dresde

Vereinigung der Technischen Oberbeamten
Deutscher Städte.

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

En Allemagne, dans toutes les villes ayant un nombre d'habitants supérieur à 50 000, il a été demandé de remplir deux questionnaires concernant le pavage des chaussées. Le premier questionnaire portait sur le genre et l'origine des matériaux en usage, et sur la manière dont ils sont employés dans les chaussées et sur la superficie qui avait été revêtue avec chaque sorte de pavé; tous ces renseignements ont été arrêtés au 1er avril 1909. Le deuxième questionnaire demandait des renseignements sur le choix du pavage employé. Des 86 villes auxquelles furent adressées ces questions, 80 d'entre elles répondirent d'une manière détaillée et satisfaisante, ce qui permet de se rendre compte des résultats obtenus et donne une idée claire de l'état actuel du pavage des grandes villes d'Allemagne.

Le résumé général du premier questionnaire a été réuni dans un tableau joint au présent rapport; il en résulte que :

a) Plus les villes sont petites, plus l'on trouve de surface de chaussée par habitant (no 18), de sorte que dans les petites villes il y a proportionnellement plus de chaussées, qui mènent aux champs et qui sont moins bordées d'habitations, que dans les grandes villes. Une grande partie de ces chaussées est en macadam (no 1), de sorte que ce genre de construction, qui est naturelle pour de telles routes, occupe dans les petites villes une proportion considérable (44,9 p. 100), plus grande qu'elle ne l'est dans les villes de moyenne importance (32,1 p. 100) ou même à Berlin et ses faubourgs (2 p. 100). La chaussée macadamisée est celle qui coûte le meilleur marché en Allemagne et elle suffit pour une circulation peu intense; elle représente le revêtement primitif, qui était accomodé à la petite circulation. Généralement, et pour réduire les dépenses, on faisait venir les matériaux des carrières situées le plus près des lieux d'emploi. Dans le même ordre d'idées, les villes de

Duisburg et d'Essen ont utilisé, pour la grande majorité de leurs chaussées macadamisées, les scories qui se forment sur les grilles de chaudières.

b) Dans l'intérieur des villes, le pavage en pierres naturelles, sans fondation continue et sans joints remplis, doit être indiqué, comme étant le plus primitif; il est constitué en grande partie avec des pierres polygonales, quelquefois avec des pierres rondes; généralement, les matériaux utilisés pour ce pavage viennent, par raison d'économie, des carrières les plus proches des villes. Depuis vingt ou trente ans, un pavage de ce genre, en raison de l'importance de la circulation, n'est plus que rarement utilisé, excepté quand les pavés sont de la meilleure qualité. En outre, les premiers pavages disparaissent de plus en plus et sont remplacés par des constructions meilleures.

c) Les bons pavages tels qu'ils sont indiqués aux numéros 3 à 15 occupent, par rapport à la superficie totale des rues, les proportions suivantes : dans les villes de moyenne importance, 13,7 p. 100, dans les grandes villes, 30 p. 100 et à Berlin et ses faubourgs 79,3 p. 100.

d) L'amélioration de la construction du pavage des rues a consisté d'abord à utiliser des pierres bien alignées posées sur sable sans remplissage des joints. Plus tard, on a établi soit une fondation soit le remplissage des joints ou les deux ensemble. Plus la ville était grande, plus les progrès réalisés dans cette voie ont été sensibles. Les villes moyennes accusent une proportion de pavages améliorés de cette manière (nos 3-5) de 8 p. 100. les plus grandes, de 18,4 p. 100 et Berlin et ses faubourgs, de 35,3 p. 100. Les matériaux sont extraits, en grande partie, de carrières allemandes voisines des villes et consistent, pour la majeure partie, en granit; on trouve aussi du grès dur, du Grauwacke, du porphyre, du mélaphyre, du diabase, de la diorite, du quartzite, du gabbro, du basalte. L'autre partie arrive de l'étranger; le porphyre vient de Belgique, le granit, de Suède. Les pavés ont une largeur de 10 à 18 centimètres, une hauteur de 14 à 21 centimètres, et ils sont généralement posés perpendiculairement à l'axe de la rue, rarement en diagonale. La fondation consiste en pierres concassées, exceptionnellement en béton d'une épaisseur de 20 à 25 centimètres. Le remplissage des joints se fait en bitume, quelquefois en mortier de ciment.

e) Le pavage construit en pierres artificielles (nos 6 et 7)

est semblable au pavage en blocs alignés, généralement les pierres ont 16 centimètres de longueur, et sont faites avec des scories formées dans les fonderies de cuivre. Elles sont aussi, en très petite quantité, faites en briques. Les pierres sont posées de la même manière que les pavés naturels alignés, avec ou sans remplissage des joints et sans fondation rigide. La ville de Leipzig a construit petit à petit une grande surface de chaussées (375 000 mètres carrés) avec des pierres de scories de cuivre. Les briques n'étaient pas de la qualité requise.

f) Le petit pavé ou Kleinsteinpflaster (nº 8) est adopté depuis quelques années. Il consiste en pierres cassées en polygones de 8 à 10 centimètres de côté, en grande partie en basalte, mais également en Grauwacke, en porphyre et en diabase. On l'utilise également pour l'amélioration de routes macadamisées; il est posé sur sable après qu'on a enlevé la partie supérieure de la route. Il est apprécié de plus en plus dans beaucoup de cités et occupe dans la ville de Braunschweig une surface de 200 000 mètres carrés.

g) Le revêtement moderne de l'Allemagne est l'asphalte, qui est appliqué depuis plus de trente ans. Il est très répandu, et on en trouve déjà dans Berlin et ses faubourgs un pourcentage de 41,4; à Charlottenburg, la proportion est même de 63 p. 100 de toute la superficie des rues. Il repose sur une fondation de béton de 20 centimètres de profondeur et consiste en une pierre calcaire bitumineuse. Ce rocher calcaire contient 9 à 13 p. 100 de bitume et vient des mines allemandes de Limmer et Vorwohle et des mines suisses du val de Travers, des mines de l'Italie centrale de San Valentino, des mines siciliennes de Ragusa et de Scicli. Une petite partie est extraite des mines du sud de la France près de Saint-Jean de Maruéjols. On travaille beaucoup à déterminer scientifiquement aussi bien la composition de la pierre calcaire et de son bitume que son attitude dans la pratique, et ce, dans l'intention d'exposer à la connaissance du public les résultats scientifiques de ce travail à l'Exposition de Bruxelles.

La pierre calcaire (nº 9) est, avant l'emploi, réduite en poudre et portée à une température de 110 à 150° C.; elle est ensuite étendue sur une épaisseur de 5 centimètres au-dessus de la fondation et ensuite comprimée.

L'asphalte fondu (nº 10) qui a été utilisé tout dernièrement, consiste essentiellement en asphalte comprimé ayant déjà servi

et de nouvel asphalte réduit en poudre, en ajoutant du bitume ou de l'asphalte de Trinidad et du gravier. Par un chauffage de 150 à 240° C., la masse est portée en fusion et appliquée sur une épaisseur de 4 à 5 centimètres, souvent en deux couches superposées sur la fondation; il est égalisé ensuite. A titre d'expérience, on a pressé, à Mayence, dans la couche inférieure, du gravier de granit et on a ensuite appliqué la deuxième couche en asphalte fondu. Cet asphalte fondu formé de vieux matériaux avec mélange de nouveaux est proportionnellement meilleur marché.

Les villes de Dresden et de München achètent elles-mêmes l'asphalte de roches et entreprennent les travaux d'établissement à leurs frais, avec leurs ouvriers. Toutes les autres villes confient la fourniture et le travail à un entrepreneur qui s'engage pour un certain nombre d'années pendant lesquelles il est obligé d'entretenir le pavage en bon état contre payement d'une redevance annuelle calculée d'après la surface à entretenir.

h) Le pavé de bois n'a pas atteint, en Allemagne, le même développement qu'en France et en Angleterre; il est de beaucoup plus cher que l'asphalte, tant pour l'installation que pour l'entretien, sans présenter un avantage marqué, comparé à ce dernier dans la pratique. L'asphalte a, de plus, la propriété d'être un pavage goûté du public, mais on utilise généralement le pavé de bois, par exemple, pour des rues en pente, où l'asphalte n'est pas applicable. Le pavé de bois est posé sur une fondation de béton d'une épaisseur de 20 centimètres bien égalisée.

Le pavé de bois tendre (n° 11) est construit avec du bois de pin suédois. Les blocs ont une largeur de 8 centimètres et une hauteur de 10 à 13 centimètres et sont imprégnés avant l'utilisation. Ils sont posés perpendiculairement ou obliquement à l'axe de la rue, en laissant entre eux un joint d'une épaisseur de 1 centimètre; les joints parallèles à l'axe sont étroits; le long du caniveau, on laisse un joint de 3 à 5 centimètres de largeur, rempli d'argile plastique pour la dilatation. Le pavage terminé est recouvert de ciment liquide, qui coule dans tous les joints et les remplit.

Le pavé de bois dur (n° 12) est construit en bois d'eucalyptus australien (Blackbutt, Tallowwood, Karri und Jarrah). Les blocs ont une largeur de 8 centimètres et une hauteur de

10 centimètres et ne sont pas imprégnés. Ils sont posés perpendiculairement ou obliquement à l'axe de la rue avec des joints étroits et avec des joints de dilatation le long du caniveau. La face supérieure est recouverte d'un mélange de goudron chaud et de bitume, qui remplit les joints et rend le pavé imperméable. Depuis quelques temps, on utilise aussi le bois de mélèze styrien et on le traite de la façon mentionnée plus haut.

Aucune ville n'entreprend elle-même le pavage en bois avec ses propres ouvriers. La fourniture et le travail sont partout confiés à des entrepreneurs, qui assurent également, pour un certain nombre d'années, l'entretien du pavage construit.

i) Un pavage consistant en plaques épaisses (carreaux) de 4 à 5 centimètres et formées de poudre d'asphalte, fortement comprimée, de 20 centimètres de longueur de côté, est appliqué depuis longtemps en Allemagne, particulièrement à l'ouest et au sud. Les plaques sont posées sur une couche de mortier de ciment, qui repose sur une fondation de béton d'une épaisseur de 20 centimètres. Les joints entre les plaques sont remplis de mortier de ciment ou de bitume. Cette sorte de pavage se comporte presque aussi bien que l'asphalte comprimé. Dans quelques villes du sud de l'Allemagne, on a essayé un pavage avec des blocs nommés « Vulkanolplatten » (n° 13), consistant en un mélange de gravier de pierre dure et d'une substance liante, fortement comprimée, et cuit pendant douze jours consécutifs, jusqu'à ce que la masse soit compacte. Les plaques ont une épaisseur de 8 centimètres et des côtés de 25 centimètres chacun; elles sont reliées entre elles au-dessus d'une fondation en béton par un mortier de ciment.

Dans les villes de Cassel et de Frankfurt a.M., on rencontre aussi des plaques nommées plaques basaltines ou plaques de pierres concassées, de dimensions presque semblables, qui sont reliées entre elles par une couche de mortier de ciment reposant sur une fondation de béton. Le béton est composé à sa partie inférieure, de béton de gravier et, à sa partie supérieure, de béton de basalte concassé.

k) Le pavé de béton (n° 14), connu sous le nom de pavé de « Kieserling », donne, comme le pavé d'asphalte, une surface sans joints. Avant que la fondation de béton n'ait fait prise, on pose les pavés d'une épaisseur de 5 à 7 centimètres, en laissant des joints pour égaliser les différences de température. Ce pavé est composé de béton de basalte con-

cassé. Le pavage « Kieserling » a trouvé place dans beaucoup de villes.

l) On s'est efforcé, récemment, dans plusieurs villes allemandes, d'améliorer les routes macadamisées autant pour éviter la poussière que pour augmenter la résistance du pavage (nº 15). Pour empêcher la poussière, on a essayé un grand nombre de moyens parmi lesquels, seul le goudronnage de la surface des routes, a eu quelques succès. Les villes de Leipzig et d'Augsburg ont appliqué ce moyen sur une grande échelle.

Pour consolider les routes macadamisées et pour empêcher en même temps la poussière, on emploie des pierrailles chauffées, entourées d'une couche de goudron et qui, après être restées en dépôt plusieurs semaines sont étendues à la surface de la route partiellement nettoyée, et comprimées ensuite. Des études sur ce procédé ont été faites avec soin par M. Bindewald, Stadtbaurat de la ville de Kaiserslautern, et publiées dans les numéros 2, 3 et 4 du « Technisches Gemeindeblatt », année XII. Dans les villes d'Augsburg et de München, on a recouvert des surfaces de grande étendue avec du macadam goudronné. Les résultats définitifs ne sont pas encore appréciables; il semble même évident, que ni tous les matériaux en pierre dure ni toutes les sortes de goudron ne sont utilisables pour cette création. Cette dernière constatation semble s'appliquer spécialement au basalte qui constitue pour les autres genres de pavages un matériau des meilleurs.

Le deuxième questionnaire devait renseigner sur les principes, sur lesquels on s'était basé, dans ces derniers temps, pour le choix des différentes sortes de pavage et, en outre, sur les expériences, qu'on avait faites avec les pavages adoptés. A propos de la question du choix entre les différentes espèces de pavage, les points suivants du questionnaire jouent un rôle important :

I. — *Coût.*

a) Chemin de fer et transport fluvial;

b) Situation proche ou éloignée des bonnes carrières, etc.;

c) Existence dans l'endroit ou dans le voisinage d'un lieu d'approvisionnement pour les entreprises d'asphalte, de bois, ou d'autre pavage artificiel.

II. — *Matériaux pour l'établissement des rues.*

a) Qualité du matériau (tendre, dur, cassant, inégalité de grain ou de structure, etc.);

b) Qualité de la surface (plate, glissante, étêtement, etc.).

III. — *Conditions de la circulation.*

a) Construction des voitures (largeur des jantes, hauteur des roues, couverture des jantes en acier ou caoutchouc, etc.);

b) Poids des voitures;

c) Intensité de la circulation;

d) Largeur de la chaussée;

e) Bruit de la rue (en considérant les habitations, les églises voisines, les écoles, les hôpitaux, etc. ou par rapport à la largeur de la chaussée);

f) Formation de la poussière, infection du sol.

IV. — *Conditions locales.*

a) Climat local (chaleur, humidité, glace, neige);

b) Expostiion de la rue (au soleil, à l'ombre, direction du vent dominant);

c) Pente;

d) Tramways (sur la chaussée, sur des voies spéciales, etc);

e) Nature du terrain (insuffisamment résistant, humide, etc.).

Dans beaucoup de villes, le choix du système adopté pour l'établissement des chaussées dépend de l'importance des ressources dont on dispose. Les villes riches ne sont pas forcées d'employer les modes de pavage à bon marché, même si elles ont à payer un prix élevé pour l'entretien de leurs constructions, et seules les villes les plus florissantes se trouvent en état de choisir entre les différentes sortes de pavages sans considérer les prix d'établissement et d'entretien.

I. — Lorsqu'il s'agit de matériaux de qualité équivalente, le coût décide. Des pierres de granit suédoises sont relativement bon marché dans toute l'Allemagne. Les frais d'extraction de ce granit ne sont pas élevés parce que dans les

carrières les prix des journées payés aux ouvriers sont modérés, que l'extraction des blocs ne demande ni aptitudes spéciales, ni beaucoup de temps en raison de leur propriété de se laisser fendre très facilement, et parce que les droits d'entrée sont minimes. Ce granit est choisi en Allemagne pour son prix peu élevé et pour ses qualités très appréciées, partout où il y a des voies navigables, et même là où l'on trouve un matériau allemand de même qualité et à bas prix spécialement au nord et à l'ouest de l'Allemagne, et dans cette dernière partie en amont du Rhin jusqu'à Strasbourg i.E. A l'ouest, près de la frontière, on a très souvent appliqué du porphyre de Belgique, qui possède de bonnes qualités.

Hors du ressort d'influence de ces matériaux étrangers, on emploie des blocs de pierres venant de l'intérieur du pays et qui sont généralement de bonne qualité. En ce qui concerne les pavés de scories fondues, fabriqués dans l'Allemagne centrale, ils entrent en concurrence partout où le prix de transport par chemin de fer est peu élevé, et c'est pourquoi l'on n'en trouve qu'au nord et dans l'Allemagne centrale et rarement à l'ouest et au sud. D'autre part, on rencontre au sud, le pavé nommé « Vulkanolpflaster », inconnu dans les autres parties de l'Allemagne, parce que la fabrique du « Vulkanol » est située dans ces parages. Les pavés d'asphalte et de bois, dont la pose est presque exclusivement effectuée par les entrepreneurs ne sont utilisés qu'aux lieux où les entrepreneurs possèdent une succursale, car, en tout autre cas l'entretien revient trop cher ou n'est même pas possible du tout, attendu que l'entrepreneur serait forcé, pour la moindre réparation, d'envoyer et de faire revenir à grands frais les ouvriers ainsi que les outils nécessaires. Des succursales sont seulement avantageuses pour l'entrepreneur dans les endroits où il a assez de travail pour ses ouvriers et ses outils, et où ce mode de pavage a déjà été adopté en grande partie, c'est-à-dire dans les grandes villes.

II. — Les villes allemandes exigent que les matériaux de pavage aient les qualités suivantes : les matériaux doivent être d'un grain égal et fin si possible et d'une structure compacte; résistants, mais non cassants. De tous, on exige en outre une longue durée; qu'ils s'usent uniformément sur toute leur surface, mais qu'en même temps, ils ne soient pas trop plats, peu bombés et non glissants. Les grès, les pierres calcaires, le

Grauwacke et le quarzite sont trop tendres et donnent à l'usage des bosses sur la surface; aussi leur emploi est-il interdit dans beaucoup de villes. De même le basalte et la lave basalte révèlent, par l'usage, le défaut de devenir glissants et bosselés; leur emploi est proscrit entièrement dans quelques villes, et dans d'autres seulement sur les fortes pentes. Les pierres formées avec la scorie de cuivre deviennent également plates et glissantes et sont évitées sur les fortes pentes. Le granit saxon ne se montre pas de bonne qualité, parce qu'il s'use beaucoup. On peut citer, pour leur bonne qualité, beaucoup de granits allemands, le granit suédois, quelques porphyres allemands, le porphyre belge, le mélaphyr et le diabase allemand. Pour la construction du macadam et du Kleinsteinpflaster, le cailloutis et les petits blocs de basalte sont souvent préférés en raison de leur grande dureté et de leur ténacité; en outre, on emploie en première ligne le granit, le mélaphyre et le diabase de pays. L'asphalte calcaire est assez tendre et s'use assez vite, mais partout de façon égale. L'asphalte fondu est plus dur, mais il ne s'use pas également, ce qui doit être considéré comme un défaut. En ce qui concerne la résistance des différentes sortes de pavage de bois, les expériences ne sont pas encore définitives. Le bois tendre, qui est depuis le plus longtemps en usage, s'use fort vite, mais également. Le bois dur semble se bosseler.

III. — La circulation dans les rues a naturellement une influence considérable sur le choix du genre de construction de la chaussée, puisque le pavé ne sert exclusivement qu'à assurer le trafic. La construction des voitures et spécialement la largeur des jantes et le diamètre des roues ne semblent pas jouer un rôle important; de même la couverture des jantes, soit en fer ou en caoutchouc ne semble avoir d'influence que pour les routes macadamisées, quand on utilise des pneumatiques, qui entraînent une détérioration assez forte. Le poids des voitures chargées dépasse rarement 5 000 à 7 000 kilogrammes : les rues qui sont très fréquentées par les voitures lourdes exigent les meilleurs matériaux en pierres. Les rues utilisées spécialement par les voitures les plus lourdes sont très rares, de même que les rues affectées seulement à un trafic très léger; habituellement, la circulation est mélangée et comprend à la fois des voitures lourdes et légères. Dans les rues

où il existe une telle circulation, la densité joue un rôle important. La statistique sur la circulation dans l'Allemagne n'est pas encore faite, bien qu'elle ait une très grande importance. On dit que l'un ou l'autre genre de pavage a une durée de tant d'années, sans penser que l'intensité de la circulation détermine presque exclusivement cette durée, et qu'il serait plus juste de dire, ce pavage ou tel autre est en état de supporter tant de milliers de voitures avant d'être usé. Ou : tel ou tel autre genre de pavage exige, pour supporter une circulation de chaque millier de voitures, une dépense annuelle (y compris intérêts et amortissement) de tant de mark par mètre carré. L'intensité de la circulation pour l'ensemble de toutes les rues croît avec l'importance de la ville; il en est de même pour les rues très fréquentées. L'exception confirme la règle. Une intensité de la circulation dans les rues de second ordre des plus grandes villes, peut être supérieure de beaucoup à l'intensité de la circulation dans les rues les plus fréquentées de villes moins importantes. Les chiffres donnés dans les publications spéciales et en particulier ceux trouvés à Charlottenburg en 1909 donnent les résultats suivants : une intensité supérieure à 10 000 voitures par vingt-quatre heures dans les deux directions, sans compter les tramways, ne se voit que dans les rues les plus fréquentées de Berlin. On constate, qu'il a été compté dans la Leipziger Strabe jusqu'à 24 000 voitures. L'intensité tombe dans les rues sans trafic important entre 50 et 100. Sans compter les rues les plus fréquentées, où l'importance de la circulation ne peut entrer en ligne de compte pour les autres villes, on peut classer dans Berlin même et dans les autres villes allemandes, les rues, en ce qui concerne la circulation, en plusieurs catégories. Charlottenburg a divisé ses rues en cinq classes différentes; dans la première classe se trouvent les rues dans lesquelles on rencontre en vingt-quatre heures, après constatation officielle, un trafic supérieur à 5 000 voitures. Dans la dernière classe se trouvent les rues à trafic inférieur à 500, les trois autres classes sont placées entre les classes extrêmes. Les deux premières classes sont considérées comme des rues à fort trafic, les deux classes inférieures sont comptées comme des rues d'habitation avec un trafic tout petit. Entre des rues de fort trafic et les rues d'habitation, on trouve la troisième classe. Après avoir établi par comptages le trafic

dans quelques rues, il n'est pas difficile d'apprécier le trafic des autres voies et même de quelques rues qui ne sont encore que projetées ou décidées, mais non encore existantes, et de les ranger chacune dans leur classe respective. Une telle façon d'agir procure des avantages sérieux, comme il a été prouvé à Charlottenburg, non seulement pour le choix du genre de pavage, mais aussi pour d'autres buts, par exemple pour décider la largeur totale de la chaussée et des trottoirs, etc. Il ne serait pas utile d'établir dans les rues ayant un gros trafic une largeur de chaussées superflue dans le but de répartir la circulation sur toute la surface. Le trafic passe généralement sur les mêmes pistes, même sur les larges chaussées et détériore le pavé sur ces pistes, tandis qu'ailleurs le pavage n'est que peu utilisé. Des chaussées suffisamment larges pour 4 à 6 voitures, c'est-à-dire d'une largeur de 11 à 16 mètres, suffisent en Allemagne à assurer une forte circulation, les lignes de tramway exclues. A Charlottenburg, où le pavage insonore est adopté en grande partie, on applique sur la chaussée, en cas de nouveau pavage ou de repavage des rues de la première ou de la deuxième classe, le meilleure asphalte comprimé, en principe, les rues en pente sont pavées en bois, mais celles de la quatrième ou de la cinquième classe sont pavées avec des matériaux bon marché insonores : notamment avec de l'asphalte liquide, de petits pavés ou du macadam goudronné. Pour les rues de la troisième classe, on décide suivant le cas, si l'un ou l'autre de ces deux pavages doit être adopté. Excepté Berlin et ses faubourgs, qui ont presque tous résolu d'employer du pavage insonore en cas de repavage ou de nouveau pavage et même — excepté Charlottenburg — d'utiliser exclusivement l'asphalte comprimé, les autres villes allemandes répondent que, en général, elles revêtent leurs rues à petite circulation de macadam goudronné et de Kleinsteinpflaster, et aussi avec des blocs prismatiques alignés, constitués en Grauwacke et mélaphyre sans fondation rigide; elles emploient dans les rues de trafic moyen des blocs alignés et des scories de cuivre sans fondation; enfin si le trafic est considérable et lourd, elles emploient les meilleurs matériaux sur une fondation rigide. Sont considérés comme matériaux les plus favorables, le granit, le porphyre, le diabase, l'asphalte comprimé calcaire, le pavé de bois, enfin des plaques en béton en cailloutis. Ces dernières sont utilisées si

l'on a à faire face à une circulation importante. M. le Stadtbaurat Bindewald dit qu'il a employé à Kaiserslautern, au début de ses études, un macadam goudronné même pour un fort trafic, et qu'il a constitué un matériau de première qualité. Quelques villes déclarent que l'asphalte comprimé n'est pas apte à supporter le petit trafic, parce qu'il se brise, faute de compression.

Dans toute l'Allemagne, on cherche à éviter le bruit des rues. Dans les rues étroites et devant les établisssements qui exigent la tranquilité, comme les écoles, les églises, les hôpitaux, etc., on a changé le pavage bruyant contre le pavage insonore, c'est-à-dire l'asphalte, le pavage en bois, les plaques d'asphalte, et le cailloutis le « Vulkanol », le Kleinsteinpflaster, le macadam goudronné, le mélange d'un peu de béton et de scories de cuivre. Le pavage en béton et en blocs de pierres, ayant une fondation rigide et ses interstices remplis avec du mortier de ciment liquide, forme une masse résistante, qui même à l'état neuf amortit le bruit, mais légèrement, seulement. Le but est plus sûrement atteint par l'emploi du pavage en pierres alignées, dont les interstices sont remplis avec du bitume. Sous l'action de la force de traction produite par les fers des chevaux, les pierres s'obliquent dans une direction, qui est opposée à celle des voitures. Par suite, la surface primitivement plate montre des dents comme une scie. Une telle surface augmente le bruit et entraîne une détérioration inégale de la chaussée en produisant des bosses. On remarque souvent, sur le pavé d'asphalte, des ondulations, qui, vues sur la direction de la circulation, apparaissent concaves. On a constaté que les ondulations qui se sont produites de chaque côté d'une chaussée de 12 mètres de largeur avaient une amplitude de 2 à 4 mètres. Les vagues sont produites par la poussée des roues chargées en mouvement; cela a été observé dans un été chaud, alors que la consistance de la masse était moindre à cause de la chaleur. La flèche de l'arc des vagues remarquées croît avec l'âge et l'usure du pavé d'asphalte.

La formation de la poussière dépend directement de la densité de la circulation. La plus grande partie est produite sur le pavé de macadam et l'asphalte. Tous les moyens et toutes les recherches pour éviter la poussière causée par le macadam ont été appliqués aussi à l'asphalte comprimé, spécialement à Berlin. Une solution de chlorure de calcium est permise à

Berlin en temps sec ou en temps de gel. S'il ne gèle pas, on applique la westrumite, et l'huile soluble dans l'eau, avec succès semble-t-il. Sur le pavage en blocs de pierres alignées, la formation de la poussière n'est pas grande et on essaye de l'éviter par un remplissage des joints avec du bitume. Sur le pavé de bois, Kleinsteinpflaster et les plaques, il semble, que la formation de la poussière n'est que d'importance minime.

Les hygiénistes parlaient autrefois du péril de l'infection du sous-sol par l'usage de pavé sans fondation et sans remplissage des joints. Ce péril ne semble cependant plus être redouté aujourd'hui, car toutes les villes considérées ont des égouts.

Dans les rues très fréquentées, la question des réparations joue un certain rôle : on y exige un revêtement pouvant être changé ou réparé pendant la nuit. L'asphalte remplit entièrement cette condition. Le pavage dont la construction exige du ciment, c'est-à-dire les plaques, le pavé en bois tendre et le pavé de pierres alignées avec une couche de mortier de ciment ou remplissage des joints avec ciment, n'est pas utilisable, mais un pavage avec remplissage des joints en bitume convient plutôt pour satisfaire à ces dispositions.

IV. — Enfin, les conditions climatériques locales ont une influence sur le choix du revêtement. Le climat des villes allemandes ne diffère pas de beaucoup entre elles; dans quelques villes des provinces du nord et de l'est où l'hiver est rigoureux, où il y a beaucoup de neige et de glace et où la neige n'est pas enlevée des chaussées, on exclut totalement l'asphalte, parce qu'il devient trop glissant par la neige et la glace et ne supporte pas les attaques des basses températures. A Dresden on emploie, en raison des fortes chaleurs estivales seulement, un asphalte contenant du bitume, dont le point de fusion est assez élevé. Les villes à climat humide, les villes côtières, ne tiennent aucun compte de ces particularités.

La direction de la rue joue un rôle spécial à deux points de vue, le premier en raison de la situation de la rue vis-à-vis du soleil, le second en raison de la situation par rapport à la direction des vents dominants. Dans un cas, quand les rues se dirigent de l'est à l'ouest, le pouvoir calorique du soleil augmenté par le rayonnement, exerce une grande influence par sa chaleur; dans un autre cas, quand il s'agit de rues, se dirigeant du sud au nord, elles souffrent du froid et

de l'humidité. Dans les rues ombragées, on évite à certaines villes l'emploi du pavé de bois, parce qu'on craint une détérioration prématurée amenée par la pourriture; pour ces rues, quelques villes préfèrent l'asphalte fondu, mais d'autres n'emploient pas l'asphalte fondu aux rues exposées au soleil. Les rues ombragées sèchent plus lentement; à la surface, la poussière forme une boue liquide et glissante, qui rend la circulation dangereuse, particulièrement sur l'asphalte. Ces désagréments sont évités en répandant du gravier et du sable graveleux. Les rues, situées dans la direction du vent dominant souffrent, quand elles sont très larges et très longues de la formation de poussière dont il a été parlé plus haut.

La pente de la rue a une grande influence sur le choix du revêtement, quand elle dépasse 1/80. Jusqu'à cette inclinaison et dans toutes les villes, toute espèce de pavage convient; plus il y a de pente, moins l'asphalte est utilisé. Pour éviter le glissage, il n'y a que quelques villes qui emploient l'asphalte comprimé sur les pentes atteignant 1/50, et par exception 1/40; dans une ville, on a autorisé l'asphalte fondu sur de petites longueurs jusqu'à la déclivité de 1/25. Quand les pentes dépassent 1/40, on emploie un pavé de bois dur; quand elles dépassent 1/30, le bois tendre n'est plus utilisable. Dans quelques villes on s'est servi d'un pavé de béton mais seulement jusqu'à 1/25. Quand les rampes dépassent 1/25 et vont jusqu'à 1/30, il ne peut être question d'utiliser que du macadam ou du pavage en blocs de pierres alignées prismatiques; dans le dernier cas, les pierres sont aussi étroites que possible et, en tous cas, ne dépassent pas la largeur de 12 centimètres.

Les lignes de tramways forment un corps étranger à la chaussée; elles coupent la surface de revêtement. Les poussées et les chocs causés par les mouvements des voitures du tramway, exercés sur les rails, détruisent la fondation et le pavage voisin. Cette expérience a été faite d'une manière générale depuis la mise en exploitation des tramways à traction électrique, parce que, en Allemagne, les rails reposent directement sur la fondation sans être soutenus spécialement. On a cherché à éviter ce défaut qui exclut totalement l'emploi du macadam ou du Kleinsteinpflaster et qu'on a constaté très grand sur le pavage en asphalte comprimé. Dans Gross-Berlin et dans quelques autres villes on a essayé de poser les rails sur

des plaques en béton armé reliées au béton de la fondation, ou on a essayé de fixer par des boulons les rails sur la fondation en béton. Dans d'autres villes, on a cherché à border les rails avec des blocs de bois tendre ou dur, ou à paver avec du bois l'entre-voie du tramway en entier. Un avis décisif sur ces divers systèmes n'a pas encore été donné. Les autres villes n'emploient jamais, dans les rues où il existe des lignes de tramway, du macadam ou du Kleinsteinpflaster et de l'asphalte, mais elles emploient des pierres alignées prismatiques sur toute la largeur de la chaussée. Mais, même dans ce cas, il n'est pas possible d'éviter la détérioration du pavage voisin, causée par les vibrations dues aux passages fréquents de tramways. C'est pourquoi on demande un renforcement des rails et une fixité plus grande pour la pose. Dans les rues assez larges, on a créé des pistes spéciales, encadrées de bordures continues à hauteur desquelles les rails sont situés et séparés par les saillies de la chaussée voisine.

A Charlottenburg, ces pistes ont une largeur d'environ 9 à 10 mètres; elles sont placées entre les deux chaussées et couvertes de gazon et ornées de fleurs. Les rails reposent sur une étroite couche de cailloutis. Cette méthode a fait ses preuves et donne les avantages suivants : réduction du bruit dû à la circulation des tramways; suppression de toute poussière; réduction complète du danger pour les tramways et leurs voyageurs, les véhicules et les passants; entretien à des prix modérés des rails et des pistes intérieures (gazon) et enfin embellissement de la rue.

L'humidité n'a point d'influence sur le choix du revêtement des chaussées, parce qu'il est possible d'assécher le sol par évacuation des eaux dans les égouts municipaux. Dans d'autres cas, on renonce à assécher le sol et on pose une couche inférieure de cailloutis, suffisante pour répartir la pression. Si le sol ne suffit pas à porter la chaussée ce qui arrive, quand il s'agit d'un sol tourbeux ou marécageux, etc. et quand les frais pour enlever ces terres sont trop élevés, il n'est pas possible d'établir définitivement une chaussée sur le remblai et sur une fondation solide, parce que la compression inévitable du remblai amène la destruction de la fondation et du pavage. En ce cas, on pose d'abord un pavé bon marché sur une fondation de gravier; on le relève et on le repave plu-

sieurs fois, jusqu'à ce que les mouvements du terrain aient cessé; puis on le remplace par un pavage définitif.

BREDTSCHNEIDER
Stadtbaurat in Charlottenburg.
Président des rapporteurs:
HÖRBURGER,
Bauamtmann in München.
EISENLOHR,
Stadtbaudirektor und Beigeordneter in Strassburg i. E.
FLECK,
Stadtbaurat in Dresden.

Für die Vereinigung der Technischen
Oberbeamten Deutscher Städte.

J. A.

Stadtbaurat STEUERNAGEL,
Königlicher Baurat.

RÉSUMÉ

Du résultat général du 1er questionnaire

NUMÉROS D'ORDRE	NATURE DU REVÊTEMENT	Pourcentage de la surface de la chaussée totale.			
		DANS 38 VILLES AYANT UN NOMBRE D'HABITANTS DE 50.000 à 100.000	DANS 36 VILLES AYANT UN NOMBRE D'HABITANTS DE 100.000 à 1.000.000	DANS GRAND-BERLIN CONSISTANT EN BERLIN ET SES 5 FAUBOURGS	DANS TOUTES LES VILLES CONSULTÉES
1	Revêtement exécuté en pierrailles ou macadam	44.9	32.1	2.0	31.1
2	Revêtements sans fondation — sans remplissage des joints	41.4	37.9	18.7	36.5
3	Revêtements sans fondation — avec remplissage des joints.	1.6	4.3	16.6	5.2
4	En pierres naturelles — avec fondation — sans remplissage des joints	5.6	9.9	0.1	7.8
5	En pierres naturelles — avec fondation — avec remplissage des joints.	0.8	4.2	18.6	5.3
6	Revêtements en pierres artificielles — sans fondation.	0.7	1.2	0.1	0.9
7	Revêtements en pierres artificielles — avec fondation.	0.0	1.3	0.0	0.9
8	Petit pavé (Kleinsteinpflaster)	2.1	2.1	0 1	1.8
9	Asphalte comprimé calcaire.	1.1	4.7	40.9	8.4
10	Asphalte fondu	0.2	0.5	0.5	0.4
11	Pavage en bois tendre	0.1	0.4	1.4	0.5
12	Pavage en bois dur	0.1	0.4	0.5	0.3
13	Pavage en plaques.	0.5	0.5	0.0	0.4
14	Pavage en béton.	0.4	0.2	0.5	0.3
15	Goudronnage superficiel et macadam goudronné	0 5	0.3	0.0	0 4
16	Surface totale de revêtement	100 p. c. = 17.773.000 m².	100 p. c. = 55.379.000 m².	100 p. c. 10.550.000 m².	100 p. c. = 83.502.000 m².
17	Nombre total d'habitants	2.729.000	9.209.000	2 920.000	14.858 .000
18	Surface de revêtement par tête d'habitant	6.55 m².	6.03 m².	3.54 m².	5 62 m².

65678. — PARIS, IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT
PAR
ALBÉRIC DE JAEGERE
Ingénieur civil, à Anvers

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

Le présent mémoire a pour but l'examen des divers modes de revêtement de chaussées, usités dans les grandes villes de Belgique, pour en déduire le système qui convient le mieux dans des circonstances déterminées.

Le côté pratique de cette question réside dans la description de ces revêtements au point de vue de leur exécution, de leur rendement, des avantages et des inconvénients signalés par les services publics qui s'occupent de la voirie en général.

Dans cet ordre d'idées, nous examinerons successivement chaque système et nous nous occuperons d'abord des revêtements constitués par des agglomérés, notamment le macadam, le béton et l'asphalte.

Le Macadam.

Nous savons qu'un revêtement en macadam se compose de deux parties : une couche inférieure formant fondation et composée d'un moellonnage ayant ordinairement 0 m. 20 à 0 m. 30 d'épaisseur; une couche supérieure en gravier fin fortement comprimé.

Voici comment sont construites en Belgique les meilleures routes en macadam :

L'empierrement a 0 m. 30 d'épaisseur après cylindrage, Le fond de l'encaissement, préalablement dressé suivant une surface parallèle à celle de l'empierrement, est cylindré au moyen d'un rouleau à traction animale, pesant 6 tonnes avec surcharge.

L'empierrement est formé d'un enrochement de 0 m. 17 d'épaisseur. composé de moellons ou libages et de deux couches de pierrailles formant ensemble une épaisseur de 0 m. 13 après cylindrage.

Les libages ou moellons d'enrochement sont placés de manière que la plus grande longueur soit perpendiculaire à l'axe de la chaussée; ils sont calés au marteau de telle sorte, qu'après cette opération, on ne puisse retirer aucune pierre de l'enrochement, sans effort et sans outil. Les libages et les pierres de calage, faisant saillie, sont abattus à la masse de façon à réaliser l'épaisseur prescrite de 0 m. 17.

On répand ensuite sur l'enrochement, préalablement débarrassé de tous déchets ou débris, une première couche de pierrailles qui est cylindrée jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de tassement appréciable.

La chaussée est alors recouverte d'une seconde couche de pierrailles d'épaisseur telle qu'elle réalise, après cylindrage, le profil voulu. Le cylindrage de cette seconde couche de pierraille est poursuivi de manière à comprimer à fond la masse entière et à réaliser une surface bien unie, dont la pierraille ne se déjette pas au passage du rouleau. Ce cylindrage est poussé à fond avant tout emploi de matière d'agrégation, de manière à réduire au minimum l'emploi de celle-ci On répand ensuite, par peties quantités successives et aussi uniformément que possible, tout en continuant le cylindrage, la quantité, reconnue nécessaire, de matière d'agrégation que l'on fait pénétrer dans l'empierrement en employant la brosse métallique ou tout autre moyen également efficace.

Le cylindrage est effectué à l'aide d'un rouleau à vapeur pesant à vide, au minimum, 14 tonnes, et est accompagné d'un arrosage assez abondant pour que la quantité d'eau employée ne soit pas inférieure à 30 litres par mètre carré de surface à cylindrer.

Exécuté dans ces conditions, le macadam revient à 5 francs le mètre carré. La réfection de ce revêtement s'opère au moyen de rechargement, c'est-à-dire en répandant à la surface une nouvelle couche de fin gravier, damée ensuite au rouleau.

La durée du macadam, sans compter les rechargements, est presque infinie, car les moellons qui forment la fondation ne souffrent d'aucune usure. Comme prix de revient par mètre carré et par an, on ne compte que les frais d'entretien et de rechargement que nous pouvons estimer, en moyenne, de 0 fr. 40 à 0 fr. 50.

C'est donc un revêtement très économique, mais il ne convient pas pour des routes, où la circulation est très importante.

Dans les villes, le macadam n'est guère employé que pour les allées de parcs et pour certaines parties des boulevards ou avenues.

Le plus grave inconvénient du macadam est la production, en temps sec, d'une poussière fort gênante, accentuée encore depuis l'usage des voitures automobiles.

On abat cette poussière par de fréquents arrosages; cependant ce système est peu pratique et l'on a préconisé d'autres moyens, notamment le goudronnage. En Belgique, ce dernier procédé n'a pas reçu une application très importante. Les administrations compétentes examinent s'il ne serait pas plus avantageux d'employer un nouveau genre de macadam, le *Tar Macadam* dont la couche supérieure est imprégnée de matières bitumées au moment de sa mise en œuvre.

Le « Tar Macadam » est plus durable que le macadam goudronné, ne demande pas autant d'entretien, et supprime la pousière.

Ainsi qu'il est dit plus haut, les revêtements en macadam ne conviennent pas pour une circulation intense. Les ingrédients, qui constituent le revêtement, n'étant pas suffisamment liés, se disloquent et la surface se désagrège. Plus résistants seront les revêtements où les éléments constitutifs sont unis avec plus d'affinité, au moyen d'une substance faisant prise, telle que le béton ou l'asphalte.

Le Béton.

Le béton est un macadam dont la matière liante est le ciment. Malheureusement, le ciment s'écrase et produit une poussière désagréable. Ce revêtement ne convient nullement pour les voies carrossables. Son emploi, quoique rare, est adopté pour l'établissement des trottoirs, terrasses, perrons, c'est-à-dire des endroits fréquentés uniquement par des piétons. Par contre, le béton de ciment est surtout utilisé comme couche de fondation dans divers systèmes de revêtement.

L'Asphalte.

Pour l'asphalte, la matière liante est un composé de carbone genre bitume que contient la roche asphaltique. L'asphalte

a été employé dans de nombreuses grandes villes, entre autres à Bruxelles, où l'exécution des revêtements en asphalte est régie par les prescriptions suivantes :

« La roche asphaltique sera réduite à froid en poudre aussi fine et aussi homogène que possible par les broyeurs mécaniques les plus perfectionnés; cette poudre devra être ensuite passée dans un crible dont les mailles auront au maximum 0 m. 0025 de largeur.

« La teneur en bitume de la poudre asphaltique ne devra pas être inférieure à 7 p. 100 ni supérieure à 13 p. 100 du poids total. Cette proportion ne pourra être obtenue, par des mélanges, qu'avec l'autorisation de l'Administration communale et sous les conditions suivantes :

« Les roches à mélanger ne différeront que par leur teneur en bitume; aucune partie de ces roches ne renfermera moins de 5 p. 100 de bitume et le mélange ne pourra être opéré que dans les proportions et avec les produits agréés par l'administration.

« Les fragments de roche seront mélangés avant le broyage, et si le mélange est fait à l'état de poudre, il devra être repassé au broyeur.

« La poudre asphaltique, préparée comme il est dit ci-dessus, sera portée à une température uniforme de 120° à 130° centigrades dans des appareils rotatifs marchant mécaniquement, d'une manière continue et uniforme et disposés de manière à éviter les coups de feu et les adhérences.

« La poudre sera maintenue à la température ci-dessus indiquée pendant un temps suffisant pour qu'elle soit complètement purgée de toute vapeur d'eau.

« Les appareils dits « décrépitoires » ne peuvent être employés, soit pour réduire les roches en poudre, soit pour chauffer la poudre.

« Les ouvriers circulant sur le revêtement en asphalte fraîchement pilonné devront être munis de chaussures spéciales, avec semelle parfaitement unie et lisse, de façon à n'altérer en rien la surface de la chaussée asphaltée.

« La poudre sera régalée au fin râteau et comprimée par quatre pilonnages successifs. Elle sera pilonnée d'abord avec précaution et ensuite avec une énergie croissante, au moyen de pilons en fonte chauffés, à la température convenable, dans des fourneaux portatifs. »

Cette couche asphaltique revient à 12 francs le mètre carré.

Avec la fondation en béton le prix est de 16 à 17 francs; la durée de l'asphalte est d'environ quinze ans. Les frais d'entretien proprement dit sont peu importants : l'asphalte nous revient annuellement à 1 franc par mètre carré.

L'asphalte, est avant tout un revêtement de luxe, présentant une surface de roulage bien unie, sans joints. Il n'est pas à recommander pour les rues où passent généralement des chariots lourdement chargés, ceux-ci détériorent rapidement la couche asphaltique et, par les temps humides, la surface devenant glissante, la traction devient difficile, sinon impossible.

L'asphalte, formant un revêtement absolument imperméable, est exposé, non sans danger, à de fortes sous-pressions qui peuvent être provoquées par la rupture d'une canalisation souterraine.

Enfin, l'asphalte, comme tous les revêtements en matières agglomérées, ne se prête pas aux réfections partielles nécessitées par l'installation des canalisations et par l'établissement de voies de tramway, etc..

La seule ressource est de démolir entièrement la partie du revêtement où les travaux doivent être exécutés. Les réparations sont. dès lors, coûteuses et les raccords restent apparents.

Toutefois, l'asphalte a donné des résultats satisfaisants et mérite d'être pris en considération pour le choix du mode de revêtement des grandes artères.

Depuis quelque temps, les matières bitumées ont reçu une application importante dans les constructions civiles. Plusieurs industriels préconisent, au lieu du goudronnage, un revêtement en pseudo-asphaltage des routes macadamisées. Ce procédé revient, suivant les méthodes, de 1 fr. 50 à 3 francs le mètre carré. Mais, pendant un certain temps, des expériences seront nécessaires pour juger de l'efficacité de ces procédés.

REVÊTEMENT EN PAVAGE

Pavage en matériaux pierreux.

Les pavés en pierre sont taillés suivant divers échantillons adoptés, chacun, selon les circonstances.

En ce qui concerne la taille, on distingue : les pavés ordinaires, les pavés remaniés et les pavés demi-retaillés. Ces derniers se caractérisent par l'uniformité de leurs dimensions et un très faible démaigrissement. La face supérieure (tête) est très unie et varie entre les dimensions ci-après : longueur. 0 m. 16 à 0 m. 20; largeur, 0 m. 10 à 0 m. 13 et hauteur, 0 m. 13 à 0 m. 17. Pour les pavés d'un même échantillon, les dimensions de tête sont fixées entre des limites très restreintes et la hauteur doit être rigoureusement observée. L'échantillon est choisi selon la fatigue que devra supporter la route. Ainsi, pour des rues importantes, on prendra des pavés de 15 à 17 centimètres de hauteur, tandis que pour des rues ordinaires, on peut se contenter d'un pavé de 13 centimètres de hauteur.

Les échantillons du type oblong, fabriqués par les carrières belges, sont les suivants, en désignant successivement la largeur. la longueur et la hauteur : 10/16/13, 12/18/13, 11/20/13, 13/20/13, 13/20/15, 13/20/17.

Le pavage s'effectue ordinairement sur un lit de sable de 10 à 15 centimètres d'épaisseur. Ce sable doit être rude à gros grain. bien perméable et surtout non affouillable. Certains sables de rivière conviennent très bien. Le pavage sur sable s'exécute comme suit :

Le lit de la chaussée est dressé de manière à présenter partout une forme régulière et parallèle au bombement de la chaussée, puis il est fortement et uniformément damé. Cette opération terminée, on étend sur le terrain une couche de sable régulièrement répartie de 10 centimètres d'épaisseur. Cette couche de sable est arrosée et damée de manière à être réduite à une épaisseur de 7 centimètres, une nouvelle couche de sable de 5 à 6 centimètres d'épaisseur est étendue ensuite pour servir de forme aux pavés.

Les pavés neufs sont choisis et assemblés de façon à former des joints serrés et réguliers; ils sont liaisonnés à la moitié ou au tiers de leur longueur et posés, autant que possible, de telle sorte que les joints continus soient normaux à l'axe de la chaussée. Les carrefours sont pavés en diagonale. La pose des pavés se fait au cordeau.

A Anvers, où les charrois sont intenses, on a préconisé un pavage sur lit de ballast de 30 centimètres d'épaisseur, en vue de constituer une chaussée solide et d'assurer un assèche-

ment rapide du revêtement, l'eau étant aspirée par cette couche de ballast qui forme drain. Sur ce lit de ballast on étend une couche de sable du Rhin qui, après arrosage, damage et compressage, conserve une épaisseur de 5 centimètres pour servir d'assiette aux pavés. Contre la bordure du trottoir, le filet d'eau est réalisé au moyen de deux pavés placés en long au mortier de chaux, ainsi que les deux premiers pavés de chaque ligne :

Ce travail revient à un supplément de dépense de 3 fr. 50 le mètre carré. L'essai étant trop récent, il n'est pas encore démontré que les avantages de ce système soient en rapport avec ce suplément de frais qui est d'ailleurs assez important.

Comme matériaux de pavage en pierre, nous employons en Belgique :

Pavés en porphyre.

Le porphyre est une pierre éruptive exploitée, en Belgique, dans les environs de Quenast et de Lessines et employée uniquement pour la production des matériaux de route tels que pavés, bordures, moellons, gravier, etc. Cette pierre est universellement renommée pour sa grande dureté, et c'est avec cette matière que sont exécutées la plupart de nos chaussées.

Pour les grandes routes, un revêtement en pavés de porphyre a une durée moyenne de vingt ans, après laquelle le pavé est encore bon pour les routes secondaires, moyennant quelques frais d'épinçage. Le pavage neuf, en pavés oblongs demi-retaillés, sur lit de sable, revient à 11 fr. 50 le mètre carré, l'entretien revient à 0 fr. 50 par mètre carré et par an. En amortissant de moitié le prix de revient, puisque les pavés peuvent être employés dans les voies secondaires, le coût d'un pavage en porphyre, par mètre carré et par an, est d'environ 0 fr. 75.

Le seul défaut qu'on puisse reprocher aux pavés de porphyre est que, par suite de leur grande dureté, ils deviennent glissants par l'usure. Dans les rues en pente, cet inconvénient est d'une importance telle que le porphyre y est forcément exclu.

Pavés en grès.

Le grès est une pierre silicieuse exploitée dans les vallées de l'Ourthe et de la Meuse, principalement aux environs de Liége. Cette pierre est plus tendre que le porphyre et se clive facilement. L'exécution d'un pavage en grès revient à 1 franc le mètre carré, moins cher que celui en porphyre. Par contre, il s'use plus rapidement (durée douze à quinze ans) et, en cas de réemploi, il y a plus de déchet. Ce revêtement coûte environ 1 franc par mètre carré et par an. Le grès est préféré au porphyre quand la différence de prix est assez considérable, et aussi pour le pavage des rues à fortes pentes, où il y a inconvénient à employer le porphyre, le grès étant moins glissant.

Pavés en granit de Suède.

Le porphyre a trouvé un concurrent redoutable par suite de l'importation des pavés en granit de Suède et de Norvège. La dureté de ce granit est comprise entre celle du porphyre belge et du grès. Les pavés en granit ne deviennent pas glissants et s'usent assez uniformément. Il existe néanmoins d'énormes différences entre les qualités des divers granits de Suède et de Norvège, aussi est-il d'une haute importance que la provenance des granits soit bien spécifiée.

Les côtes sud-ouest de la Suède jusqu'à la hauteur de Stromstad fournissent le meilleur granit; en Norvège, la pierre est plus tendre.

Le tableau ci-après indique des essais effectués sur quelques-uns de ces granits :

Désignation des granits	Densité kilogs par m³	Quantité d'eau, absorbée après 125 heures d'immersion.	Compression à la rupture kilogs par cm²	Usure c/m
Granit de Lysekil Rose (Suède) . .	2670	0.11 0/0	2805	3,35
Granit de Lysekil Gris (Suède) . .	2600	0.12 0/0	2725	3,95
Granit de Stromstad (Suède). . . .	2830	0.06 0/0	2410	5,75
Granit de Hedestrand (Norvège) . .	2645	0.27 0/0	2280	5,60

N. B. — L'essai à l'usure se fait par 450 tours d'un disque de 22 c/m de rayon et saupoudré d'émeri. L'éprouvette est chargée d'un poids de 30 kgs, et la surface frottée est de 50 c/m².

Ce tableau nous montre que le granit suédois devient plus tendre à mesure que l'on s'approche du Nord. Au bon granit de Suède on peut, pour les rues bien fréquentées, accorder une durée moyenne de quinze à vingt ans, après laquelle ces pavés peuvent encore être réemployés dans les voies secondaires, mais le déchet est plus grand que pour le porphyre. Tenant compte de ce que le prix d'exécution des pavages en granit de Suède est moindre que pour le porphyre, nous pouvons estimer son prix de revient à peu près égal, soit à 0 fr. 75 par mètre carré et par an.

Autres produits.

En Belgique, nous avons encore la pierre d'Attre, celle de Gobertange, le petit granit, le Quartzite, qui se débitent en pavés.

Leur application dans les grandes villes est de trop peu d'importance pour qu'il soit utile d'insister. Ces pavés n'ont pas une dureté suffisante, mais offrent parfois un bel aspect, ce qui justifie souvent leur emploi pour les trottoirs, passages, entrées cochères, plaines, etc.

Le petit granit a été employé sous forme de dalles de 10 à 15 centimètres d'épaisseur pour le revêtement des trottoirs ; l'essai n'a pas été heureux, car cette pierre se désagrège sous l'action des agents atmosphériques, s'use rapidement et se casse avec facilité.

Dans certains cas, on l'a remplacé avec succès par un revêtement en dalles en granit de Suède ou de Norvège.

Pavages en bois.

Les pavés en bois sont des parallélépipèdes ayant ordinairement les dimensions ci-après :

Epaisseur : 8 centimètres.

Largeur : 7 centimètres et demi.

Longueur : 18 à 23 centimètres.

Leur mise en œuvre s'opère comme suit :

On établit une assiette composée d'un lit de fines cendrées

de 10 centimètres d'épaisseur, bien damé et arrosé, sur lequel est étendue une couche de macadam de 15 centimètres de hauteur. Cette couche de macadam et de gravier est arrosée, pilonnée et cylindrée, de façon à réduire l'épaisseur à 13 centimètres; la surface supérieure est dressée suivant le bombement à réaliser. Les pavés en bois sont préalablement plongés pendant quinze minutes dans un bain de goudron bouillant, composé d'huile lourde, de goudron ou créosote, avec addition d'un cinquième de goudron et posés sur une couche de sable du Rhin de 2 centimètres d'épaisseur, préalablement bien arrosée.

De chaque côté, contre la bordure du trottoir, il sera ménagé un vide de 3 centimètres de largeur rempli ensuite d'argile. Sur le revêtement, on fait un goudronnage à chaud, et on répand, à la surface, une couche mince de fin gravier. Du reste, cette dernière opération est renouvelée périodiquement pour la bonne conservation et l'entretien de la chaussée.

Les bois employés sont :

Le sapin rouge. — Bois relativement tendre; sa durée est de dix ans. L'usure est cependant uniforme et ce revêtement peut très bien convenir dans les rues à circulation peu intense. Son prix de revient est de 1 fr. 20 par mètre carré et par an.

Le hêtre. — Ce bois est plus dur que le sapin, mais ne résiste pas aux intempéries, aussi son emploi est-il rare et sera-t-il supprimé.

Le chêne. — C'est un bois solide, mais qui se gerce aisément. Par l'usure, la surface des têtes des pavés de chêne s'arrondit. L'emploi du chêne pour les revêtements en bois tend également à disparaître.

Le jarrah ou karri. — Ce bois, de provenance australienne, est relativement dur et surtout fort résistant à la désagrégation. Il semble être, pour les revêtements en bois, la matière de l'avenir, quoique son prix d'exécution soit assez élevé (20 fr. le mètre carré, non compris la fondation).

Il convient de signaler que le revêtement en bois ne convient pas aux endroits fréquentés par de lourds charrois, où se produiraient des tassements irréguliers. Par contre, il est excellent pour les rues au centre de la ville, attendu qu'il forme un revêtement insonore et très uni, sans être aussi glissant que l'asphalte.

Pavés de production artificielle.

Au moyen d'un mélange d'ingrédients plus ou moins durs avec du ciment ou des matières bitumineuses, on obtient des éléments de pavage de dimensions et formes très régulières. Ces matériaux n'égaleront jamais, au point de vue de la dureté et de la conservation, les produits naturels. Par contre, ils offrent d'autres avantages, ils sont économiques et constituent un revêtement bien régulier, à la condition qu'ils ne soient employés que sur des chaussées où le trafic est peu important. A Anvers, on a fait depuis quelque temps une application très importante de dalles en ciment comprimé, pour le revêtement des trottoirs. Ces dalles sont soumises à des prescriptions et à des essais très rigoureux, dont voici la description :

« Les dalles en béton comprimé auront exactement 0 m. 30 × 0 m. 30 de côté et au moins 6 centimètres d'épaisseur. Elles seront comprimées sous une pression de 250 000 kilogrammes et devront être fabriquées au moins trois mois avant leur mise en œuvre. Les dalles seront non gélives à l'air et sous l'eau, et ne pourront absorber plus de 6 p. 100 de leur poids d'eau. A la compression, elles devront supporter en moyenne une charge de 600 kilogrammes par centimètre carré, sans rupture apparente. La section des éprouvettes sera de 25 × 13 × 6. Au choc, la dalle de 30 × 30, posée sur deux appuis à arête mousse, distants de 0 m. 20, devra pouvoir supporter, avant la rupture, des chocs successifs d'une boule en fonte du poids de 5 kilogrammes, tombant au centre de la dalle. Au premier choc, la boule tombera d'une hauteur de 0 m. 10. A chaque nouveau choc suivant, la hauteur sera augmentée de 0 m. 10 pour atteindre finalement au moins 0 m. 70 de hauteur.

« A l'usure, des blocs d'essai de 0 m. 06 × 0 m. 06 × 0 m. 06, chargés chacun d'un poids de 10 kgr. 600, ne pourront accuser une usure de plus de 17 millimètres, après avoir parcouru 3 000 tours sur une plaque de fonte dure saupoudrée de sable du Rhin et tenu dans un état d'humidité constante.

« Après l'essai à l'usure, les faces usées doivent présenter une surface lisse à grain fin et bien compact. Il sera prélevé un échantillon par 2 000 dalles fournies. »

On pourrait s'inspirer de ces prescriptions pour imposer

des essais analogues en cas d'emploi d'autres pavés artificiels. A Anvers, le prix d'exécution des revêtements des trottoirs en dalles en ciment comprimé est de 5 francs le mètre carré. Les frais d'entretien sont presque nuls. En escomptant une durée de vingt-cinq ans, le prix de revient sera de 0 fr.20 par mètre carré et par an.

Pour diminuer l'usure des revêtements en ciment, on a préconisé récemment d'incorporer à la surface des cristaux de carborandum, qui résistent à tout frottement, ce qui est un énorme avantage pour les rues, où la circulation est très intense.

En terminant, nous devons encore signaler un autre système de revêtement employé à Bruxelles et qui consiste en un pavage en briques goudronnées. Ce pavage est établi sur une fondation de béton de 10 centimètres d'épaisseur, composé d'un mélange de 0 mc. 700 de sable, 0 mc. 300 de gravier et 250 kilogrammes de ciment. Les briques sont de l'espèce « Straat Klinkaert » et subissent un chauffage préalable afin d'obtenir une siccité complète. Ensuite, elles sont plongées pendant trois heures dans une chaudière contenant un mélange bouillant formé de créosote avec adjonction de 1/5 de goudron; comme pour le pavage en bois, on répand sur ce revêtement une couche de goudron et de fin gravier. Le goudron a pour effet de rendre les briques plus élastiques et plus résistantes. De plus, le pavage en briques goudronnées est bien moins glissant que le pavage en bois. Il convient de dire que ce revêtement ne peut être utilisé que pour les routes où ne circulent que des attelages légers. Il y remplace avec succès le macadam.

Albéric DE JAEGERE.

65468. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

D. E. LLOYD-DAVIES
M. I. C. E. ; F. R. S. I.
Chief-Engineer
The Municipality of Alexandria

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CONSTRUCTION DES ROUTES

à ALEXANDRIE (Egypte)

Le climat de l'Egypte septentrionale, appelée dans le pays Basse-Egypte, avec sa faible hauteur annuelle de pluies et son exemption de gelées, est très favorable à la bonne construction des routes.

La hauteur moyenne annuelle des pluies est de 215 millimètres, la température moyenne du jour est de 20° centigrade et il y a huit heures de soleil sur vingt-quatre.

La surface du sol d'Alexandrie, sauf dans les régions irriguées et cultivées, se compose uniquement de sable; le sous-sol est formé également de sable, dans lequel le niveau des eaux souterraines varie considérablement suivant la hauteur du Nil.

Etant donné les conditions précédentes, quelque peu exceptionnelles, il est indispensable que les revêtements des rues de la ville soient absolument imperméables, d'abord pour éviter les affaissements journaliers dans un des sous-sols les plus traîtres du monde et, ensuite, pour empêcher la production d'une poussière insupportable.

Les routes sont effectivement exemptes de poussière, malgré la prédominance d'une forte brise du large venant du nord: c'est ce qui démontre la pleine réussite des types adoptés qui sont : l'asphalte, pour les grands quartiers commerçants (superficie : 61 000 mètres carrés); le dallage volcanique, pour les chaussées desservant une circulation lourde de voitures de livraison (superficie : 552 000 mètres carrés); et le macadam goudronné, pour les routes de la majeure partie de la ville et des faubourgs (superficie, y compris les parties à bâtir : 1 750 000 mètres carrés).

Asphalte comprimé.

L'asphalte comprimé est, sans aucun doute, le revêtement idéal pour un pays semi-tropical, car il est exempt de poussière, facile à nettoyer et silencieux. Une couche de 6 centimètres d'asphalte comprimé sur une fondation de 15 centimètres, formée de béton de ciment de Portland dans la proportion de 15 p. 100, résistera à une circulation plus lourde que la moyenne pendant dix ou quinze ans.

Le prix d'entretien annuel varie entre 2,5 et 5 p. 100 du coût de premier établissement, non compris le prix du béton, suivant la nature de la circulation desservie et l'ancienneté du revêtement.

L'urine attaque promptement le revêtement d'asphalte ; aussi ne doit-on pas la laisser s'accumuler ou demeurer stagnante pendant quelque temps; mais avec un assèchement convenable et un nettoyage minutieux, on peut négliger cet inconvénient.

Sur les ponts et autres travaux d'art en fer, sujets à la trépidation, l'asphalte comprimé ordinaire ne donne pas de bons résultats. Nous avons remédié à cette difficulté en le remplaçant par des blocs d'asphalte soumis à une pression de 600 kilogrammes par centimètre carré et posés sur un béton d'asphalte comportant 55 p. 100 de mastic d'asphalte et 45 p. 100 de roche siliceuse.

Macadam asphalté

Une expérience importante a été récemment entreprise dans la rue du Musée, à Alexandrie, avec le type ci-après. Il consiste à poser de l'asphalte naturel cassé à l'anneau de 10 centimètres sur une fondation de béton ou de vieux macadam ; on réduit ensuite l'épaisseur initiale de 12 centimètres à 8 centimètres, en faisant passer un rouleau de 8 à 10 tonnes.

On peut livrer immédiatement la chaussée à la circulation et, au bout d'un mois environ, on peut la laver et la nettoyer de la même façon que l'asphalte comprimé ordinaire.

Le succès de ce type qui, à notre avis, promet beaucoup pour l'avenir, dépend des précautions suivantes :

1° La fondation doit être nettoyée à fond avant de commencer l'ouvrage;

2° L'asphalte doit être de bonne qualité, de contexture uniforme et ne contenir ni moins de 8 p. 100, ni plus de 10 p. 100 de bitume;

3° Le travail doit être exécuté par un temps sec et chaud et complètement à l'abri de toute poussière ou humidité de toute provenance.

Le poids des cylindres ne doit pas dépasser 8 tonnes au commencement et 10 tonnes à la fin du travail.

Un fragment de revêtement détaché de la rue du Musée, après dix années d'usure, présente une masse homogène exempte de toute trace de détérioration. Par ce mode d'exécution, on obtient beaucoup plus d'élasticité qu'avec l'asphalte comprimé ordinaire; aussi la durée en sera-t-elle beaucoup plus longue probablement.

Ce revêtement offre également une prise plus sûre aux pieds des chevaux que l'asphalte comprimé.

Nous attirons l'attention du Congrès sur le résultat de cette expérience, car si ce mode réussit en général, il devra avoir une influence très marquée sur la construction des routes en asphalte dans l'avenir, puisqu'il permet de réduire leur prix de revient d'au moins 33 p. 100, fait remarquable.

Dallage volcanique.

Ce type de revêtement, qu'on emploie beaucoup également dans le sud-est de l'Europe, consiste en dalles de lave qu'on fait venir des environs de Naples.

Les dimensions des dalles sont : longueur, 50 centimètres; largeur, 40 centimètres et épaisseur, 15 centimètres; en Italie, on les pose généralement sur un lit de mortier. Mais, à Alexandrie, on les a placées directement sur un lit de sable et on a obtenu, par ce moyen, de bons résultats, puisque leur dimension leur permet de supporter la circulation lourde sans s'affaisser.

La durée de ce genre de revêtement varie entre vingt et trente ans, suivant la qualité de la pierre, et si elle est bien posée, le coût d'entretien par an est d'environ 4 p. 100 du coût total de premier établissement du dallage. Le grand inconvénient est qu'il faut, chaque année, rhabiller une vaste superficie de revêtement et, par suite, interrompre la circulation. Ajoutons que, lorsqu'il est posé sur le sable, le dal-

lage est plus silencieux et fournit une meilleure prise aux pieds des chevaux que le pavage en granit.

Routes macadamisées.

La construction des routes macadamisées à Alexandrie a pleinement réussi; la pierre dont on se sert est un basalte de l'époque oligocène (Tertiaire moyen). C'est une roche volcanique à cristaux fins : les minéraux qui la constituent sont surtout le feldspath, l'augite, l'olivine et la magnétite.

La pierre est très dure et très solide; il fut très difficile, au début, de lui trouver un liant convenable : le sable, à la fois siliceux et calcaire, n'était pas utilisable à cet effet. Après maintes expériences avec différentes matières, on essaya la terre rougeâtre connue dans le pays sous le nom de « tina » et le résultat fut si avantageux qu'on l'a désormais adopté d'une façon générale.

La pierre de basalte, avec le tina comme liant, forme un des meilleurs revêtements de macadam que nous connaissions. Le liant assujettit fortement les pierres et l'effritement qui se produit d'ordinaire avec des liants plus durs et moins élastiques se trouve réduit au minimum, ce qui a pour effet de prolonger de beaucoup la durée du revêtement.

De plus, cette matière absorbe rapidement et s'amalgame avec le goudron ordinaire appliqué à la surface.

La première couche de goudron pénètre à une profondeur de 2 centimètres, la seconde à 3 centimètres et le revêtement de la route, une fois terminé, présente tout à fait l'aspect de l'asphalte comprimé dont il a aussi la parfaite imperméabilité.

Nous donnons ci-dessous une analyse du « tina », qu'a bien voulu nous fournir notre collègue, le docteur Gotschlich, de la Direction de chimie au Service de la Santé publique.

Sable	66,7 %
Argile.	9,98 %
Humus	1,23 %
Carbonates de la terre (calculés comme Ca CO^3).	17,31 %
Eau.	3,5 %
Substances solubles et résidus.	1,28 %

On remarquera que ce tina se compose de sable, d'argile et de carbonates de la terre en proportions déterminées,

matières qu'on peut facilement se procurer dans tout pays. Les carbonates terrestres contiennent deux fois autant de carbonate de calcium que de carbonate de magnésium.

De plus, des recherches ont été effectuées en vue de préciser, si possible, les ingrédients de la matière qui produisaient les bons résultats obtenus avec le goudron.

On a donc fait des expériences avec les mixtures suivantes:

1° Tina et goudron;

2° Sable, carbonate de calcium, argile et goudron;

3° Sable, argile et goudron;

4° Sable et goudron;

5° Sable, carbonate de magnésium et goudron;

6° Sable, carbonate de magnésium, argile et goudron.

Les numéros 1 et 2 ont donné de très bons résultats, le numéro 1 étant légèrement supérieur. Le numéro 3 a donné un résultat satisfaisant, mais toutefois inférieur aux numéros 1 et 2.

Les numéros 4, 5 et 6 n'ont pas donné d'aussi bons résultats et ne prennent pas aussi fermement que les numéros 1 et 2.

Les expériences révèlent donc, autant qu'on peut l'établir dans un laboratoire, que les carbonates de magnésium n'ont pas d'influence sur le résultat et que celui-ci est probablement dû à l'argile et au carbonate de calcium mélangés au sable dans les proportions où ils le sont dans le tina. Il est nécessaire de faire, sur une vaste échelle, avec les mixtures précédentes, des expériences pratiques sur la construction des routes, afin de contrôler les résultats ci-dessus et, avant de porter un jugement définitif sur les influences en jeu.

Un autre avantage notable de ce liant tout particulier, c'est qu'il facilite le rechargement et le nivellement des flaches sur les routes macadamisées.

Le bouchage des flaches et affaissements de 1/10 de mètre carré au plus, peut être facilement exécuté par les cantonniers; il prolongera sensiblement la durée de la chaussée en général, s'il peut être opéré avant que toute l'assiette de la route ait eu à en souffrir beaucoup.

Le coût de l'entretien pour ce type de chaussées macadamisées varie de 5 à 10 p. 100 du coût de premier établissement,

suivant l'intensité de la circulation et le goudronnage revient, par mètre carré, à 17 fr. 55 pour la première couche et à 9 fr. 65 pour la seconde.

La municipalité a fait quelques expériences intéressantes sur place, afin de voir si la poussière des routes goudronnées fait aux plantes et à l'agriculture plus de tort que la poussière des routes ordinaires.

Nous donnons ci-dessous un extrait du compte rendu de ces expériences :

1° Echantillons d'air pris au moment de la liquéfaction du goudron et passés à l'eau distillée.

a) Air pris à 3 mètres de la chaudière : Réaction alcaline, présence d'ammoniaque.

b) Air pris à 5 mètres de la chaudière : Pas de réaction.

c) Air pris à 10 mètres de la chaudière : Pas de réaction.

*
* *

2° Echantillons de poussière prélevés sur la route goudronnée.

a) 5 jours après le goudronnage : Forte réaction de phénol.

b) 10 jours après le goudronnage : Réaction plus faible de phénol.

c) 15 jours après le goudronnage : Réaction insignifiante de phénol.

*
* *

3° Echantillons prélevés sur le sol (à la surface).

a) 5 jours après le goudronnage, à 5 mètres de distance du trottoir. . . . . } Réaction de phénol. Parcelles noirâtres de brai.

b) 5 jours après le goudronnage, à 10 mètres du trottoir . . . . } Pas de réaction.

c) 5 jours après le goudronnage, à 15 mètres du trottoir . . . . } Pas de réaction.

d) 10 jours après le goudronnage, à 5 mètres du trottoir.	Pas de réaction.
e) 10 jours après le goudronnage, à 10 mètres du trottoir	
f) 10 jours après le goudronnage, à 15 mètres du trottoir	

*
* *

4º Echantillons de gaz sortant de la chaudière (obtenus par aspiration) :

100 litres pris sur les bords de la chaudière et passés à travers quatre éprouvettes contenant : *a*) de l'alcool absolu; *b*) idem; *c*) 25 p. 100 d'alcool; *d*) de l'eau distillée.

Dans l'éprouvette *d*), présence d'ammoniaque en quantité notable.

Pendant la distillation, les vapeurs d'alcool produisirent une réaction alcaline.

*
* *

Même opération, avec gaz pris à 5 mètres de la chaudière : faible réaction ammoniacale.

*
* *

5º Poussière prise sur des feuilles de plantes au bord de la route : pas de réaction.

Il résulte des expériences précédentes que la liquéfaction du goudron sur place ne fait aucun tort à la vitalité des plantes. De plus, l'ammoniaque émanant du goudron et se combinant, dans de faibles proportions, avec l'air ambiant, non seulement ne nuit pas, mais sert plutôt à l'agriculture en général.

Toutefois, il est évident que, si la poussière pure provenant des routes goudronnées entrait directement en contact avec les plantes, elle tendrait à les endommager, surtout si le contact se produisait dans les premiers jours consécutifs à l'opération; mais, en se rapportant aux chiffres ci-dessus, on verra que les effets corrosifs de la poussière

de goudron diminuent rapidement et ne sont plus appréciables après quinze jours, puisque les ingrédients nocifs du goudron ont été absorbés progressivement par la couche supérieure du revêtement.

De plus, la densité de la poussière de goudron empêche son transport à distance par le vent et les chiffres démontrent qu'à 5 mètres du trottoir, on ne peut en trouver trace.

M. Monfront, chef du service des parcs et plantations, dont la compétence est hors de doute, déclare qu'il n'a relevé aucune détérioration sur les plantes ou arbres examinés par lui dans des jardins voisins des routes goudronnées. Il est d'avis que, pendant les cinq ou six jours qui suivent le goudronnage, des plantes toutes jeunes ou très délicates poussant à quelques mètres de la route, pourraient peut-être souffrir; toutefois, même pendant les premiers jours après le goudronnage, période pendant laquelle la poussière pourrait être théoriquement préjudiciable à la végétation, il n'y a eu effectivement aucune détérioration.

Les conclusions sont donc qu'au bout de dix jours, il n'y a plus rien à craindre pour la vie des plantes, mais que, durant cette période, certaines précautions doivent être prises pour empêcher que le vent n'emporte toute poussière des routes fraîchement goudronnées.

Fondations.

Nous avons fait les expériences suivantes, avec diverses fondations établies sur le sol sablonneux du pays :

1° Vieux macadam en mauvais état;

2° Béton;

3° Blocs Telford de calcaire tendre;

4° Blocs Telford de basalte dur;

Nous avons constaté que les numéros 3 et 4 avaient donné tous deux d'aussi bons résultats jusqu'à présent, ce qui semble indiquer qu'il n'est pas essentiel d'employer de la pierre très dure pour obtenir une bonne fondation.

Le numéro 1 donne de bons résultats en général, mais a tendance à s'affaisser dans les parties restaurées.

Le numéro 2 s'est trouvé trop rigide pour la construction

d'un bon revêtement de macadam avec des pierres aussi dures que le basalte : la pierraille ne peut, en effet, subir un cylindrage convenable sans s'écraser, et elle a tendance à se déchausser facilement par suite de la trépidation qu'engendre la circulation.

Les blocs Telford de 30 centimètres carrés, posés sur du sable mouvant, se sont enfoncés de 5 centimètres sous la compression d'un cylindre de 16 tonnes, alors que, dans des conditions semblables, les blocs placés sur la terre végétale se sont enfoncés de 10 centimètres avant de pouvoir supporter le même rouleau.

Pour conclure, nous désirons appeler l'attention du Congrès sur les propositions suivantes :

1° Le coût d'établissement des routes asphaltées peut être réduit de beaucoup par l'adoption du type appelé « macadam asphalté.

2° Pour l'établissement d'une chaussée en macadam ordinaire, un liant élastique composé de sable, de carbonates de la terre et d'argile mélangés dans certaines proportions déterminées donne, avec de la pierraille dure, un résultat supérieur à celui que fournit le sable seul, et mérite d'être étudié à l'avenir.

3° Pour les chaussées en macadam ordinaire, un liant formé des mêmes matières mélangées dans les proportions où elles se trouvent dans le « tina », convient particulièrement pour leur permettre de recevoir un goudronnage.

4° Même pour les plantes délicates, les chaussées goudronnées n'offrent aucun danger, si l'on prend les précautions voulues pour réduire la poussière au minimum tant que le goudron n'a pas été complètement absorbé par le revêtement.

5° Une fondation absolument rigide ne convient pas pour les routes macadamisées.

LLOYD DAVIES.

(Trad. BLAEVOET)

65492. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[e] CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

PROSPERO LAFARGA
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Directeur des Travaux du port d'Alicante

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

Considérations générales.— Le problème consistant à doter d'un bon pavage les voies sujettes à un trafic actif et lourd, a pris une grande importance dans ces dernières années, non seulement à cause du développement progressif que dans les grandes villes prend la circulation des véhicules de toutes classes, mais aussi à cause des nombreux besoins que la voirie moderne des villes entraîne avec elle, bsoins, qui pour être bien servis exigent l'utilisation du sous-sol de la chaussée par un grand nombre de services en relations intimes avec le système de pavage adopté.

Déranger le moins possible le trafic d'une voie et réduire ces dérangements à un minimum, voilà le desideratum du pavage à employer et cela ne peut s'obtenir qu'avec des pavages qui durent beaucoup d'années, qui exigent peu d'entretien et surtout qui soient d'une exécution rapide et simple.

Les services souterrains des grandes villes, tels que ceux de l'eau, du gaz, de l'électricité, de l'assainissement, etc, etc, exigent de fréquentes réparations qui, pour être exécutées, obligent à lever le pavage. Il est donc évident qu'il est très important pour la circulation des véhicules sur les voies très fréquentées, que le remuement des pavages se fasse avec la plus grande rapidité.

L'emploi de fondations en béton de ciment et de joints en ciment qu'exigent inévitablement certains pavages, principalement les asphaltages et ceux en bois, donne lieu dans les voies très fréquentées à de continuelles obstructions du transit à cause des complications qu'entraînent avec eux leur entretien et leur reconstruction.

Certains hygiénistes ont objecté que les cémentations hydrauliques en béton, employées dans les pavages, constituent un moyen efficace d'isolement des émanations du sous-sol. Ce fait, qui est certainement exact, pourra se présenter dans

le cas où le réseau d'égouts est construit conformément aux anciens systèmes, où l'imperméabilité des collecteurs était tellement insuffisante que le sous-sol se trouve très contaminé dans les villes où malheureusement ces moyens d'évacuation des eaux-vannes existent encore. Mais comme il y a logiquement lieu de supposer que les grandes villes marchent à pas de géant, dans la substitution aux anciens égouts de réseaux modernes avec des tuyaux étanches en grès ou en béton, il est évident qu'une fois l'imperméabilité du réseau collecteur assurée, le sous-sol sera défendu également contre toute contamination et, par conséquent, il n'y aura plus aucun besoin de la couche isolatrice déterminée par le pavage.

Il en résulte que le problème du pavage des grandes villes est, au point de vue hygiénique, intimement lié avec celui de l'assainissement, et qu'il est de la plus grande importance d'implanter dans les voies très fréquentées des canalisations étanches en grès ou en béton (suivant le diamètre), dotées de nombreux syphons de décharge automatique en assurant le nettoyage. Par ces moyens, on éloignera les craintes de toute contamination pouvant venir du sous-sol, et il n'y aura aucun inconvénient, pour les pavages en question, à se passer au besoin des cémentations en maçonnerie précitées.

Le nettoyage et l'arrosage des rues très fréquentées est un autre problème en relation avec le pavage employé dans ces mêmes rues et à ce point de vue, il convient de réduire au minimum le coefficient d'usure, car on réduira en même temps au minimum la production de poussière et de boue.

Ces considérations démontrent que dans toute voie sujette à un trafic actif et lourd, le pavage doit réunir les conditions suivantes :

1° Etre de longue durée et par conséquent susceptible de peu d'usure. 2° Etre de construction rapide et d'entretien facile, afin de déranger le moins possible le transit public. 3° Permettre avec facilité son renouvellement et sa reconstruction lorsque les réparations effectuées par les services souterrains l'exigent.

Ces conditions sont complètement réalisées avec les pavages de porphyre et de basalte employés avec grand succès dans quelques villes d'Espagne et nous allons détailler ci-après les expériences exécutées ainsi que les résultats obtenus.

Pavages en porphyre.— Nous savons que les roches porphyriques constituent le deuxième groupe des roches hypogé-

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

Considérations générales.— Le problème consistant à doter d'un bon pavage les voies sujettes à un trafic actif et lourd, a pris une grande importance dans ces dernières années, non seulement à cause du développement progressif que dans les grandes villes prend la circulation des véhicules de toutes classes, mais aussi à cause des nombreux besoins que la voirie moderne des villes entraîne avec elle, bsoins, qui pour être bien servis exigent l'utilisation du sous-sol de la chaussée par un grand nombre de services en relations intimes avec le système de pavage adopté.

Déranger le moins possible le trafic d'une voie et réduire ces dérangements à un minimum, voilà le desideratum du pavage à employer et cela ne peut s'obtenir qu'avec des pavages qui durent beaucoup d'années, qui exigent peu d'entretien et surtout qui soient d'une exécution rapide et simple.

Les services souterrains des grandes villes, tels que ceux de l'eau, du gaz, de l'électricité, de l'assainissement, etc, etc, exigent de fréquentes réparations qui, pour être exécutées, obligent à lever le pavage. Il est donc évident qu'il est très important pour la circulation des véhicules sur les voies très fréquentées, que le remuement des pavages se fasse avec la plus grande rapidité.

L'emploi de fondations en béton de ciment et de joints en ciment qu'exigent inévitablement certains pavages, principalement les asphaltages et ceux en bois, donne lieu dans les voies très fréquentées à de continuelles obstructions du transit à cause des complications qu'entraînent avec eux leur entretien et leur reconstruction.

Certains hygiénistes ont objecté que les cémentations hydrauliques en béton, employées dans les pavages, constituent un moyen efficace d'isolement des émanations du sous-sol. Ce fait, qui est certainement exact, pourra se présenter dans

le cas où le réseau d'égouts est construit conformément aux anciens systèmes, où l'imperméabilité des collecteurs était tellement insuffisante que le sous-sol se trouve très contaminé dans les villes où malheureusement ces moyens d'évacuation des eaux-vannes existent encore. Mais comme il y a logiquement lieu de supposer que les grandes villes marchent à pas de géant, dans la substitution aux anciens égouts de réseaux modernes avec des tuyaux étanches en grès ou en béton, il est évident qu'une fois l'imperméabilité du réseau collecteur assurée, le sous-sol sera défendu également contre toute contamination et, par conséquent, il n'y aura plus aucun besoin de la couche isolatrice déterminée par le pavage.

Il en résulte que le problème du pavage des grandes villes est, au point de vue hygiénique, intimement lié avec celui de l'assainissement, et qu'il est de la plus grande importance d'implanter dans les voies très fréquentées des canalisations étanches en grès ou en béton (suivant le diamètre), dotées de nombreux syphons de décharge automatique en assurant le nettoyage. Par ces moyens, on éloignera les craintes de toute contamination pouvant venir du sous-sol, et il n'y aura aucun inconvénient, pour les pavages en question, à se passer au besoin des cémentations en maçonnerie précitées.

Le nettoyage et l'arrosage des rues très fréquentées est un autre problème en relation avec le pavage employé dans ces mêmes rues et à ce point de vue, il convient de réduire au minimum le coefficient d'usure, car on réduira en même temps au minimum la production de poussière et de boue.

Ces considérations démontrent que dans toute voie sujette à un trafic actif et lourd, le pavage doit réunir les conditions suivantes :

1º Etre de longue durée et par conséquent susceptible de peu d'usure. 2º Etre de construction rapide et d'entretien facile, afin de déranger le moins possible le transit public. 3º Permettre avec facilité son renouvellement et sa reconstruction lorsque les réparations effectuées par les services souterrains l'exigent.

Ces conditions sont complètement réalisées avec les pavages de porphyre et de basalte employés avec grand succès dans quelques villes d'Espagne et nous allons détailler ci-après les expériences exécutées ainsi que les résultats obtenus.

Pavages en porphyre.— Nous savons que les roches porphyriques constituent le deuxième groupe des roches hypogé-

niques, et sont réellement une dérivation des roches granitiques et comme une deuxième formation. Considérés au point de vue chimique et minéralogique, les porphyres sont similaires aux granits et se distinguent de ces derniers par leur dureté, leur aspect, cohérence, diffusion, etc., etc. Ils constituent pour l'Ingénieur un élément de construction complètement distinct.

Il existe un grand nombre de variétés de porphyre caractérisées par une abondance plus ou moins grande de quartz; mais nous ne croyons pas nécessaire de procéder à leur classification. Pour l'objet de notre étude, nous nous limiterons à indiquer que le porphyre employé en Espagne pour le pavage provient, dans sa plus grande partie, des massifs rocheux de la province de Gérone, dont les gisements les plus importants sont ceux de la Selva et d'Olot.

Ce porphyre est de couleur gris obscur, d'une grande dureté et tenacité, de texture compacte, très résistant à l'action du temps et très difficile à travailler.

Nous avons procédé à divers essais afin d'étudier la résistance au frottement du porphyre, comparée avec celle du marbre de Carrare. On a fait également des expériences pour comparer l'usure du porphyre avec celle du granit et divers calcaires employés au pavage de villes d'Espagne.

De ces essais et expériences, nous allons nous occuper ci-après :

1o *Densité.* — La densité du porphyre employé au pavage dans les villes d'Espagne que nous indiquerons plus loin, est de 2,8.

2o *Résistance à l'écrasement.* — La résistance à l'écrasement a été déterminée au moyen de presses hydrauliques. Les éprouvettes s'appuyaient sur les plateaux de compression en intercalant des feuilles minces de carton. Ces éprouvettes avaient la forme de cubes d'un décimètre de côté. La charge de rupture qui s'obtint au cours de dix essais fut en moyenne de 1 350 kilogrammes par centimètre carré.

3o *Résistance au frottement.* — Cet essai fut fait par comparaison avec le marbre de Carrare en mesurant très exactement sur les deux exemplaires (celui en porphyre et celui en marbre), le volume usé dans chaque éprouvette à égalité de circonstances.

Pour faire cet essai, on plaça une éprouvette de porphyre

de forme cubique d'un décimètre de côté sur une piste en fonte circulaire et horizontale, qui se mouvait avec une vitesse de 1200 tours à l'heure. Cette éprouvette fut chargée avec 240 grammes par centimètre carré et on la soumit à un frottement sur du sable normal régulièrement réparti sur la piste précitée.

Les éprouvettes furent placées de deux en deux, une de chaque côté de l'axe de rotation de l'appareil et sur un même diamètre de la piste. La distance de l'axe du cube de l'éprouvette au centre de l'axe de rotation de l'appareil était de 28 centimètres et le rayon de la piste normale à la figure du cube.

Le sable normal employé fut celui de Lemate et la quantité répandue sur la piste fut de 1 kilogramme.

Chaque essai dura une heure.

Ces essais effectués dix fois avec du porphyre, furent répétés avec une éprouvette en marbre de Carrare, placée sur l'appareil dans les mêmes conditions que pour le porphyre.

Ces essais une fois terminés, on constata les diminutions de volume de l'éprouvette de porphyre, et l'on détermina ensuite la moyenne.

L'on détermina également la diminution de volume de l'éprouvette de marbre.

Le volume moyen de l'usure pour le porphyre fut de 1 cm^3 44 et celui correspondant au marbre de 30 cm^3 05.

Le coefficient de l'usure par rapport au marbre de Carrare fut de :

$$\frac{1,44}{30,05} = 0,047$$

Les essais de résistance au frottement ont été également faits sur du granit du Guadarrama, employé depuis un temps immémorial au pavage des rues de Madrid.

L'usure des éprouvettes de granit fut, en moyenne, sur dix essais, de 12 cm^3 8, donnant un coefficient d'usure par rapport au marbre de 0,42.

Nous avons également essayé les pavés employés dans d'autres villes importantes de l'Espagne, telles que Valence, Saragosse et Barcelone.

A Valence, on emploie presque exclusivement le « vodene »

qui a un coefficient d'usure par rapport à celui du marbre de Carrare de 0,53.

A Saragosse, les pavés sont en majeure partie en pierre calcaire, avec un coefficient d'usure de 0,82.

A Barcelone, on a employé des pavés en pierre calcaire, en granit, en porphyre et en basalte.

Le coefficient d'usure des pierres calcaires employées à Barcelone est de 0,91, celui de granit de 0,48, celui de porphyre de 0,047, enfin celui de basalte de 0,042. Ces différences si grandes dans l'usure des pavés tiennent à ce que dans la ville en question, les rues ont été classées suivant leur mouvement, en réservant les anciens pavés calcaires aux rues très peu fréquentées, le granit pour celles d'un mouvement moyen et le porphyre et le basalte pour les rues très fréquentées.

Essais de taille. — La taille du porphyre est extrêmement difficile. La préparation des deux faces de chaque éprouvette pour les essais au frottement et à l'écrasement coûte 24 pesetas, plusieurs ciseaux ayant été inutilisés.

L'inconvénient que présente la difficulté de la taille n'a pas d'importance lorsqu'il s'agit d'appliquer le porphyre au pavage, car la préparation des pavés se fait à coup de masse, ceux-ci présentant toujours une face assez lisse qui correspond à la stratification naturelle des bancs des carrières.

Dimensions des pavés. — Les pavés de porphyre employés en Espagne ont à peu près la forme d'un parallélipipède rectangle, sur les faces verticales duquel on admet une légère inclinaison vers l'intérieur qui ne dépasse pas habituellement 1 centimètre.

Les pavés ont, en général, de 18 à 24 centimètres de côté, 10 à 12 centimètres de partie non taillée et 12 à 15 centimètres de hauteur.

Les faces supérieures des pavés sont sensiblement planes, les autres pouvant présenter une superficie plus rugueuse, mais avec la régularité nécessaire pour que les joints qui résultent du pavage n'excèdent pas 1 centimètre.

Construction. — Les pavages de porphyre s'exécutent d'une façon très simple.

L'on commence par creuser la forme ou partie à paver, sur laquelle on étend ensuite du sable parfaitement damé et arrosé sur 15 à 20 centimètres d'épaisseur. Sur cette couche de sable, on en répand une autre en vrac, et il convient que le sable

ainsi versé soit en grande quantité, car c'est lui qui sert ensuite à remplir les joints et à être répandu sur la surface du pavage.

La forme une fois préparée, ainsi que le sable destiné à cimenter les joints, on place en premier lieu les pavés correspondants aux caniveaux près du bord des trottoirs. Ces pavés sont placés à la corde, soit dans le sens de leur plus grande dimension et forment ce que les ouvriers appellent la *rigole.*

Celle-ci une fois construite sur une longueur de 15 à 20 mètres, on place très exactement chaque 4 ou 6 mètres d'autres files normales à la rigole; ces files sont piquetées auparavant avec une corde qui, appuyée sur des pavés isolés et placés exactement à leur place, marque le bombement que le pavage doit avoir.

Ce bombement doit être très faible et l'expérience a démontré qu'il suffit qu'il soit de 1/200 pour que les eaux pluviales s'écoulent parfaitement vers les rigoles.

Avec les rigoles et les files de pavés normales à celles-ci, l'on obtient suffisamment de bases pour la pose des pavés dans les carrés ainsi formés et il suffit d'un simple fil, suivant la direction des génératrices de la superficie cylindrique qui constitue le revêtement, pour que le reste du pavage soit posé en toute perfection.

Les pavés se posent à leur place en ouvrant dans la couche de sable que l'ouvrier a constamment devant lui, une alvéole proportionnée au creux nécessaire et l'on y place le pavé à coups de marteau.

Quand six ou sept files de pavage sont placées, on comble les joints avec du sable sec, sans préjudice d'un autre remplissage des joints qui doit être fait plus tard.

Après avoir pavé une étendue de 15 à 20 mètres, on y étend une couche de sable de 2 à 3 centimètres et, avec un fort arrosage, à l'aide de balais, on fait pénétrer ce sable dans les joints. On obtient ainsi qu'une masse complète comble ces joints.

Une fois les joints remplis, on procède au damage des pavés qui surpassent, opération qui se continue sans interruption jusqu'à ce qu'on obtienne une surface parfaitement unie.

Ce damage doit être renouvelé vingt à trente jours après que le pavage a été livré à la circulation publique, car le poids des véhicules achève l'assise des pavés et ceux-ci présentent

de légères différences de hauteur qu'on doit corriger immédiatement.

Ce deuxième damage laisse le pavage dans des conditions si parfaites qu'une fois fait, la circulation ne produit plus de longtemps la moindre altération sur sa surface.

A l'appui de ce que nous venons d'exposer, nous pouvons citer la rue Maisonnave d'Alicante qui, bien qu'elle soit soumise à une circulation de 3 000 charrettes par jour, ce qui équivaut environ à 8 000 chevaux, se maintient complètement régulière dans toute sa surface, malgré l'absence d'entretien par la municipalité pendant neuf ans.

Entretien. — Bien peu de pavages exigent moins de soins que celui fait en porphyre. Comme son usure est insignifiante, tout l'entretien se réduit à maintenir la régularité de sa surface quand, à la suite d'une circonstance quelconque, un commencement d'ornière vient à se produire.

Pour reposer les pavés qui s'enfoncent sous la surface normale du pavage, on emploie deux leviers en fer qui, maniés simultanément par un seul ouvrier, permettent à l'aide d'une très simple pression d'extraire le pavé. Ceci fait, on introduit du sable supplémentaire dans le trou, on place de nouveau le pavé et on le dame convenablement jusqu'à ce qu'il soit ramené dans sa position définitive.

Cette opération ne demandant qu'à être exécutée de loin en loin, et en outre, son coût étant très insignifiant, il s'ensuit que l'entretien de ce pavage est à peu près nul.

Comme les pavages de porphyre construits en Espagne ne datent que d'une quinzaine d'années, nous pouvons seulement dire, en ce qui concerne leur durée, que même dans les endroits où le mouvement est le plus intense, comme cela arrive au port de Barcelone et dans quelques rues de cette même ville, l'état de ces pavages est parfait.

Coût du pavage en porphyre. — Le porphyre employé en Espagne provient presque exclusivement des carrières de la province de Gérone. Les facteurs qui entrent dans le coût du mètre carré de ce pavage sont les suivants : 1° Etablissement de l'emplacement des pavés; 2° Achat et pose du sable nécessaire pour cimenter; 3° achat des pavés; 4° main-d'œuvre d'exécution du pavage, y compris sa consolidation.

L'ouverture du mètre carré de forme revient à un peseta (1 franc) environ.

Le sable nécessaire pour cimenter, de bonne qualité et parfaitement lavé, coûte de 3 à 4 pesetas le mètre cube et par conséquent la quantité nécessaire pour cimenter 1 mètre carré de pavage revient de 0 p. 60 à 0 p. 80.

Le mètre carré de pavés préparés pour être mis en place vaut, pris à la carrière, 10 pesetas. A cette somme, il y a lieu d'ajouter le prix de transport qui varie suivant la destination.

A Alicante et à Valence, le transport coûte 6 pesetas et à Barcelone. 3 pesetas. A Madrid, il a coûté 15 pesetas.

De ces données, il résulte que dans les principales capitales de province de l'Espagne, le mètre carré de pavage revient à pied-d'œuvre de 13 à 20 pesetas.

Enfin. la mise en place des pavés, y compris le damage, coûte 2 pesetas par mètre carré.

Les prix maxima et minima payés en Espagne par mètre carré de porphyre sont :

	Minimum		Maximum	
Ouverture de la forme	1 P.	00	1 P.	00
Achat et pose du sable	0	60	0	80
Achat et transport des pavés	13	00	30	00
Mise en place des pavés	2	00	2	00
	16	60	33	80

Nous voyons donc que le prix de ce pavage, en chiffres ronds. oscille, par mètre carré, entre 17 et 34 pesetas dans l'état actuel des carrières en exploitation.

Si l'on compare ces prix avec ceux existant dans les principales capitales des provinces de l'Espagne pour les pavages d'un autre genre qui pourraient être employés, il en résulte que le prix du pavage de porphyre n'arrive, dans aucun cas, à atteindre 50 p. 100 du coût de ces autres pavages, et par contre sa durée est au moins neuf fois plus grande, comme il ressort des coefficients d'usure déduits plus haut.

Il est donc évident qu'au point de vue de leur durée, les pavages que nous étudions sont meilleur marché que ceux d'autres matériaux pierreux qui pourraient être employés.

L'entretien de ces pavages est aussi beaucoup plus économique, car ainsi que nous l'avons déjà dit, la dépense

qu'ils exigent est très minime. Le coût moyen de l'entretien par année et par mètre carré a été de 0 pj. 05, chiffre très inférieur à ce que coûtent les autres pavages.

Villes où ces pavages ont été employés. — En Espagne, ces pavages ont acquis un grand développement dans la province de Catalogne et principalement à Barcelone, chose bien logique. étant donné que cette ville se trouve à proximité des carrières. Les rues de Barcelone les plus fréquentées sont aujourd'hui pavées avec du porphyre ou du basalte et, sur les quais du port on a employé ce matériau de préférence à tout autre.

A Madrid, on a essayé le porphyre avec un excellent résultat dans les rues d'Alcala et de Cedaceros, et s'il est vrai que jusqu'à ce jour, son emploi n'a pas obtenu un plus grand développement, la cause en est due principalement à ce que la municipalité de la capitale de l'Espagne a dû s'occuper de l'asphaltage de certaines rues destinées à des véhicules légers et des grands boulevards.

En outre, à Madrid, le porphyre lutte avec le granit du Guadarrama, mais ce dernier matériau a donné un si mauvais résultat dans les rues à trafic lourd et actif, que nous ne doutons pas que dans un avenir plus ou moins proche, le porphyre ne remplace le granit dans les voies de trafic extraordinaire.

A Valence, on a pavé récemment avec du porphyre de grandes étendues des quais de la gare du Norte et du port et on a pensé employer ce matériau dans les rues où le trafic est le plus actif.

A Alicante, on a pavé avec du porphyre la voie où le trafic est le plus intense. c'est-à-dire la rue qui relie la gare de Madrid au port. Ce pavage a été construit il y a neuf ans et, malgré son abandon par la municipalité, son état est excellent.

En outre, le soussigné, procédera à bref délai. au pavage de grandes étendues de quais et de voies du port en utilisant ce matériau.

Les essais effectués en Espagne avec le porphyre ne peuvent donc pas être plus satisfaisants et ces résultats ressortent principalement quand il est question de trafic très actif et très lourd.

Nous avons fait des expériences de traction sur ces pavages avec différentes pentes, au moyen de charrettes chargées d'une tonne et tirées par un seul cheval du type courant employé

dans le trafic du port d'Alicante. Jusqu'à une pente de 4 p. 100, la traction se fait sans difficulté. Cette limite dépassée, le pavage devient glissant.

Tout ce que nous venons d'exposer peut se condenser dans les conclusions suivantes :

Conclusions.

1° Dans les grandes villes, il est de la plus grande importance d'employer dans les voies très fréquentées et de lourd trafic, des pavages de peu d'usure, d'exécution rapide et exigeant peu d'entretien.

2° Dans les expériences faites à ce sujet en Espagne, le porphyre et le basalte ont été les matériaux dont le coefficient d'usure a été le plus réduit, en raison de ce que les pavages de ce genre sont de longue durée et de construction et d'entretien faciles.

3° Les pavages de porphyre et de basalte doivent s'employer de préférence pour les voies d'un trafic lourd et sur les quais des ports et des gares.

4° Bien que le coût de premier établissement de ces pavages soit supérieur à celui des autres genres de pavages, sa longue durée et son peu d'entretien compensent amplement cette dépense et le rendent, en définitive, beaucoup plus économique, résultat qui conseille d'en augmenter l'emploi.

5° Il convient de combiner ces pavages avec un bon système d'assainissement qui puisse garantir l'imperméabilité des collecteurs et par suite, empêcher les contaminations du sous-sol.

Alicante, le 20 *Octobre* 1909

Prospero LAFARGA,

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Directeur des travaux du port d'Alicante.

65624. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

JOHN R. RABLIN
Chief-Engineer, Metropolitan Park Commission
Boston

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN
DES AVENUES DE PARCS

La construction et l'entretien des routes a fait l'objet de discussions très complètes ces dernières années, et l'opinion générale semble se prononcer en faveur de l'adoption d'un liant bitumineux d'une espèce ou d'une autre. Les ingénieurs et les chimistes ont été d'avis très différents quant à la composition de cette matière bitumineuse. Nous ne nous croyons pas qualifié pour en donner des formules, car nous n'avons fait généralement qu'employer des produits commerciaux en choisissant ceux qui paraissaient convenir le mieux à leur affectation.

Les avenues construites sous notre direction et sous notre surveillance pour l'extension du réseau du Parc métropolitain de Boston, dans le Massachusetts (Etats-Unis) ont été pour la plupart des routes destinées uniquement à la circulation des voitures de promenade, c'est-à-dire des voitures légères à chevaux et des automobiles.

Au début de l'établissement de ces chaussées, comme on désirait leur assurer l'assiette la meilleure et la plus résistante, on a adopté le macadam et suivi les méthodes ordinaires. On s'est généralement servi de trapp ou d'autres roches dures pour le revêtement.

Cependant, on s'aperçut bientôt, même avant le grand développement de l'automobilisme, que ce genre de revêtement ne convenait pas bien à la nature de la circulation qu'il supportait, car une forte proportion des voitures d'agrément avait des bandages en caoutchouc, de sorte que la pierraille ne s'usait pas assez pour fournir la matière liante nécessaire au bon état de la chaussée. Les portions de route construites

avec des pierres plus tendres étaient plus faciles à entretenir en bon état et l'usure effective du revêtement restait faible. Avec la multiplication des automobiles, la désagrégation des routes macadamisées et particulièrement de celles construites avec les roches les plus dures devint immédiatement si rapide qu'il fallut adopter d'autres modes d'établissement que le macadam ordinaire.

Quelques chaussées à revêtement de gravier furent construites dans les premières périodes de développement du réseau d'avenues et elles se trouvèrent mieux appropriées à la circulation légère que le macadam. Elles étaient meilleures pour les cavaliers, moins dégradées par les automobiles et plus faciles à réparer. Pendant les six ou sept dernières années, c'est ce type qu'on a presque exclusivement adopté pour les grandes avenues de parcs.

Pour leur construction, on a fait un choix minutieux des matériaux et sélectionné les cantonniers. Partout où ce fut possible, on s'est appliqué à avoir comme matériaux des pierres anguleuses à arêtes vives et à ne mettre que juste assez d'argile pour leur donner la cohésion voulue. Dans certains cas, il a fallu prendre du sable bien dépouillé et ajouter au cours de la construction de l'argile comme liant, système qui ne donne en général des résultats aussi satisfaisants que lorsque les matières se trouvent mélangées dans les proportions voulues à l'état naturel. Le revêtement mesure huit pouces de hauteur et se compose de deux couches égales bien comprimées par des rouleaux rayés à traction de chevaux. Toutes les pierres dont la hauteur dépasse un pouce et demi sont séparées au moyen d'un crible et rejetées; toutefois, lorsque les matériaux ne contiennent que peu de pierres dépassant ce calibre, on les enlève au râteau après que le gravier a été étalé sur la forme.

Le principal défaut de ce genre de revêtement est qu'à l'époque de la gelée, il peut donner naissance à des frayés, si l'argile d'agrégation se trouve en trop grande quantité. Cette situation ne dure pas longtemps et il est facile et peu coûteux d'aplanir la surface, quand on y procède immédiatement après la gelée, au printemps, et avant que le revêtement se raffermisse avec ses frayés.

Pour obvier à ce défaut et pour continuer d'appliquer ce

revêtement de gravier aux avenues de parcs, nous avons depuis deux ans adopté une chaussée composée d'une fondation de quatre pouces de hauteur en pierre concassée et d'une couche de gravier bien cohérent de deux et demi à trois pouces. On obtient par ce moyen un bon assèchement et une excellente assiette pour le revêtement de gravier. Une fois le revêtement terminé et avant qu'il durcisse trop pour conserver son pouvoir absorbant, on y répand de l'huile lourde d'asphalte qui a pour effet de le préserver de la poussière et de contribuer à le protéger dans une large mesure : il faut environ un gallon d'huile par yard carré.

Dans certains cas où il a fallu admettre la circulation lourde sur les avenues de parc pour remplacer une route préexistante, on a construit généralement deux chaussées et l'une d'elles est en macadam, en vue de ce genre de circulation. Depuis le grand développement de l'automobilisme, on a pris l'habitude d'adopter un liant bitumineux pour la couche supérieure de pierraille dans l'établissement de ces routes macadamisées. La méthode appliquée est celle qu'on désigne sous le nom de méthode de pénétration ; elle consiste à répandre le liant bitumineux sur la pierraille après qu'elle a été mise dans la forme et cylindrée à refus. On utilise la matière bitumineuse chauffée à 150° ou 200° Fahrenheit, en quantité suffisante pour combler les interstices de la pierraille, ce qui exige d'ordinaire un gallon et demi par yard carré de revêtement. Après le répandage de cette matière, on cylindre de nouveau à fond ; on étend ensuite une abondante couche de matière bitumineuse à l'aide de balayeuses, d'arroseuses ou d'autres machines de distribution et on recouvre le tout d'éclats de pierre propres et à arêtes vives. Enfin, on cylindre encore une fois et on obtient un revêtement graveleux et d'une bonne cohésion qui a donné toute satisfaction.

Nous avons suivi de nombreux travaux de cette nature qui ont été effectués selon la méthode de mélange, c'est-à-dire en mélangeant la pierraille qui doit constituer la couche supérieure du revêtement sur une hauteur de deux pouces, avec la matière bitumineuse, soit à la main sur des planches de gâchage, soit à la machine. Bien que les résultats paraissent être tout à fait les mêmes, il n'y a pas de doute qu'on ne

fasse de meilleure besogne en appliquant cette dernière méthode; mais elle revient un peu plus cher.

On s'est généralement servi comme matière bitumineuse d'un goudron minéral distillé pour la première application sur les avenues de parc et d'un mélange de goudron distillé et d'asphalte résiduel pour la seconde couche plus épaisse ou « badigeonnage » : le mélange contenait 10 p. 100 d'asphalte. L'asphalte a pour but de prolonger la durée du revêtement, d'empêcher qu'il devienne dur et cassant, et par suite glissant, comme le goudron a tendance à le faire. Cette proportion d'asphalte est trop faible pour donner au mélange une grande supériorité sur le goudron pur et il convient d'employer pour cet ouvrage de l'asphalte clair, même si les frais augmentent de ce fait. Un entrepreneur de transports a récemment mis dans le commerce une préparation spéciale d'asphalte résiduel traité avec une huile légère : le produit semble particulièrement approprié à cet usage.

Nous pensons que les types de chaussées décrits ici conviennent non seulement pour les avenues de parcs, mais aussi pour les routes en dehors des villes, en général, la nature du revêtement à adopter en pierraille ou en gravier dépendant du genre de circulation à desservir.

En matière d'entretien, il est un fait bien connu de ceux qui en sont chargés, c'est qu'on ne cesse de chercher systématiquement les moyens les plus économiques en rapport avec le changement qui s'est produit en si peu d'années dans la circulation, changement qui nécessite de nombreuses expériences et de nombreuses modifications dans les méthodes d'entretien; il a été jusqu'ici difficile de s'arrêter à un système quelconque.

Le premier effet appréciable qu'ait eu sur les avenues de parc le changement survenu dans les conditions de la circulation à la suite de l'essor de l'automobilisme, s'est fait sentir pendant l'été de 1906. On a immédiatement recherché les moyens d'empêcher la destruction à brève échéance de routes qu'on avait pu maintenir jusqu'alors en excellent état, à peu de frais relativement.

Le badigeonnage des routes au goudron minéral distillé sembla le système le plus avantageux, bien qu'on en fit peu d'essais dans notre pays et qu'on y obtint des résultats plus

ou moins bons. On a immédiatement appliqué ce traitement à un grand nombre de routes macadamisées : en renouvelant l'opération et la retouchant au besoin, on a pu préserver ces chaussées et les maintenir en bon état jusqu'à présent, alors que, sans le goudronnage, elles auraient été défoncées en quelques mois et auraient eu besoin d'un rechargement complet. Ces chaussées sont en excellent état actuellement et elles y resteront probablement quelque temps encore, si on les entretient soigneusement. Un point faible de ce système, c'est qu'il rend les chaussées glissantes pour les chevaux pendant la saison froide; mais on y remédie dans une large mesure en recouvrant la surface goudronnée de fortes pierrailles à arêtes vives, ayant jusqu'à trois quarts de pouce de grosseur. Partout où les fondations sont bien asséchées, la gelée n'a pas eu de mauvais effets sur les revêtements traités par ce procédé.

On s'est en général trouvé très bien de l'emploi d'huiles lourdes d'asphalte aussi bien sur les revêtements préexistants de macadam ou de gravier qu'au cours de la construction de nouvelles chaussées. Actuellement, il y a une foule de produits dans le commerce qu'on emploie à cet effet. En raison de la difficulté d'obtenir une analyse satisfaisante permettant de déterminer leur qualité, on y est arrivé en employant ces divers produits sur les chaussées. Les matières qui ont donné satisfaction à l'essai ont été achetées d'année en année comme produits commerciaux, purement et simplement, et sans exiger aucune formule. Avec ces huiles qui doivent contenir, à ce qu'on prétend, de 60 à 70 p. 100 de résidus d'asphalte, un badigeonnage est nécessaire une fois tous les deux ans à peu près, avec quelques retouches entre temps. Ceci ne s'applique qu'aux routes à circulation légère, y compris l'automobilisme : sur les routes à circulation lourde, il faut une application tous les ans.

Sur certaines routes ombragées dans les parties réservées des bois, l'emploi de chlorure de calcium a donné toute satisfaction. On y interdit généralement la circulation des automobiles et il n'y passe exclusivement que de légères voitures à chevaux. L'application de la solution salée abat la poussière et maintient une humidité uniforme sur la chaussée en tout moment. Ce sel possède la propriété d'absorber et de conserver l'humidité prise dans l'air ou dans l'eau

de pluie; en pratique, il n'y a pas à s'occuper des routes ainsi traitées, sauf pour renouveler l'opération en moyenne toutes les quatre semaines. On a essayé ce procédé sur des routes de même importance que celles où on fait généralement des applications d'huile asphaltique; mais comme ce sel n'a en réalité aucun pouvoir d'agrégation, les automobiles ne tardent pas à mettre la route à mal en y creusant des flaches rondes qui retiennent l'eau et qui s'élargissent bientôt à un tel point qu'un rechargement devient nécessaire.

Pour le rechargement des chaussées en macadam ou en gravier, on suit les méthodes qui ont été décrites plus haut pour l'établissement primitif des mêmes routes. On nettoie le revêtement, on le pioche, on y ajoute de nouveaux matériaux pour le mettre au profil, et on applique le goudron, l'asphalte ou les huiles asphaltiques, comme pour construire une route neuve.

On n'a pas parlé du prix de revient de ces différentes sortes de chaussées parce que cette indication n'aurait que peu de valeur, étant donné que ce prix varie considérablement d'une circonscription à l'autre, dans un même pays, en raison des frais de transport des matières bitumineuses depuis le lieu de production. Le prix des matériaux pour la construction des routes diffère beaucoup également. Toutefois, l'on peut déclarer que probablement nulle part, aux Etats-Unis, le surcroît de frais dû à l'achat de matières bitumineuses, par rapport au coût des chaussées ordinaires de macadam ou de gravier, ne sera considéré comme inabordable ou même excessif, en comparaison des avantages retirés de leur application. Un des principaux bienfaits procurés par ce système, tant aux usagers de la route qu'à ses riverains, c'est l'élimination effective de la poussière.

Bien que, jusqu'à présent, les diverses formules établies pour des liants bitumineux ne paraissent avoir rien produit qui vaille mieux que les spécialités commerciales, il semble évident que, dans un avenir prochain, l'usage des diverses matières aura fourni les éléments suffisants pour permettre à des experts d'élaborer une formule type.

En l'absence d'une formule de ce genre, les fabricants se sont trouvés fort embarrassés, car il leur a été difficile d'exécuter plusieurs formules différentes et ils n'y ont guère trouvé

de bénéfice; mais il est évident qu'ils se sont efforcés d'inventer les meilleurs produits possibles en vue de ce mode d'utilisation et qu'ils sont tout disposés à se conformer à un type.

John RABLIN

(Trad. Blaevoet)

65622. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[E] CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

L. MAZEROLLE
Ingénieur des Ponts et Chaussées
et du Service Municipal des Travaux de Paris

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

Le choix du revêtement à adopter pour les chaussées d'une grande ville dépend de nombreuses considérations ; le problème est d'autant plus complexe que le choix peut porter sur des revêtements et des matériaux de nature très variée, et que les cas limites où les avantages et les inconvénients des procédés en présence paraissent se contrebalancer sont en définitive assez fréquents.

Aussi bien ne doit-on pas prétendre fixer des règles invariables conduisant à des conclusions mathématiques et rigoureuses : la détermination, en fin de compte, résultera la plupart du temps de l'importance plus ou moins grande qu'on aura attribuée à telle sorte de considération plutôt qu'à telles autres.

D'autre part, les revêtements généralement en usage peuvent se ramener à quatre grands groupes principaux : l'empierrement, le pavage en pierre, le pavage en bois et l'asphalte. Mais chacun de ces groupes comporte de nombreuses variétés dont quelques-unes forment transition avec les groupes voisins ; c'est ainsi que le pavage en « petits pavés » peut être assimilé à un empierrement en gros cailloux juxtaposés, que les empierrements avec interposition de matières bitumineuses ou goudronneuses d'agrégation se rapprochent de certains revêtements appartenant au groupe des asphaltes, tels que l'asphalte armé ou granit asphalte etc ; bref les limites entre les divers groupes ne sont plus aussi nettement tranchées aujourd'hui qu'elles pouvaient l'être autrefois et cette circonstance ajoute aux difficultés du problème.

Nous nous proposons dans le présent rapport d'exposer tout d'abord les différentes considérations qui peuvent influer sur le choix du revêtement ; nous examinerons ensuite

sommairement chacun des quatre grands groupes principaux de revêtements et leurs variétés. Nous laisserons toutefois de côté les chaussées en pierres artificielles, en briques, en ciment, etc., qui n'ont pas acquis droit de cité à Paris. Enfin, nous terminerons par quelques mots sur les revêtements des trottoirs ; les trottoirs occupent en effet dans les villes des surfaces considérables, dont l'importance est comparable à celle des chaussées ; ils sont soumis, il est vrai, à des efforts beaucoup plus faibles et par suite leur exécution ne soulève pas des problèmes aussi difficiles; néanmoins, on ne saurait s'en désintéresser.

1. — Considérations qui influent sur le choix de revêtement

Les divers points de vue auxquels on peut se placer pour juger un revêtement sont :

a) le prix,

b) la nature de la circulation,

c) l'insonorité,

d) la production de poussière et la facilité de nettoiement,

e) le glissement des chevaux et la déclivité de la rue,

f) la facilité des réparations,

g) la présence de voies de tramways,

h) l'hygiène,

i) la résistance au roulement et à la traction,

j) enfin les circonstances locales.

a. — Prix

Le prix de premier établissement et de l'entretien ultérieur n'est pas en général, dans les grandes villes, le facteur déterminant du choix à opérer entre les divers revêtements ; si l'on s'y arrêtait uniquement il est bien probable que l'on serait conduit à s'en tenir aux pavages en pierre qui, plus coûteux de premier établissement, sont par contre, d'un

entretien moins onéreux ; nous donnons ci-dessous les prix de revient de l'entretien des diverses chaussées à Paris pendant ces cinq dernières années.

NATURE DU REVÊTEMENT.	PRIX PAR MÈTRE CARRÉ EN					OBSERVATIONS.
	1904	1905	1906	1907	1908	
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
A. Empierrement [1].	2.45	2.56	2.266	2.25	2 165	[1] Pour les chaussées empierrées, les renseignements statistiques comprennent les dépenses pour salaires des cantonniers d'empierrement. Ces cantonniers sont en partie occupés au nettoiement. Pour comparer les chiffres A aux chiffres B, C. D, il faut en déduire environ 0fr,50.
B. Pavage en pierre.	0.790	0.756	0.722	0.762	0.783	
C. Pavage en bois. .	1.246	1.226	0.930	1.005	0.974	
D. Asphalte	1.28	1.291	1.184	1.159	1.151	

Signalons immédiatement d'une part, que ces prix sont des moyennes, et d'autre part, qu'ils résultent moins des nécessités techniques d'un bon entretien que des disponibilités budgétaires affectées à ce genre de travaux. Néanmoins, et bien qu'ils constituent plutôt un renseignement d'ordre statistique et financier que d'ordre technique, ils assignent assez exactement à chaque revêtement son rang de priorité au point de vue du coût de l'entretien. On voit que les chaussées empierrées sont celles dont l'entretien est le plus onéreux, même si l'on déduit des prix donnés au tableau ci-dessus les frais du nettoiement proprement dit, qui, par exception, y sont compris. Viennent ensuite et avec des dépenses décroissantes l'asphalte, le pavage en bois et le pavage en pierre.

L'écart entre le pavage en bois et l'asphalte serait encore accentué dans le cas où les conditions habituelles d'application de ces revêtements seraient elles-mêmes modifiées, c'est-à-dire si l'on employait par exemple l'asphalte dans les voies de tramways ou les rues de lourde circulation — d'où il est à peu près exclus aujourd'hui — par contre l'entretien du pavage en pierre deviendrait presque aussi coûteux que celui du pavage en bois si on l'adoptait dans les voies de circulation très dense (Exemple : les Grands

Boulevards) où il ne durerait guère plus longtemps que le pavage en bois généralement admis.

Notons encore que les dépenses d'entretien sont, de par leur nature même, assez élastiques ; elles dépendent essentiellement du degré de perfection qu'on juge désirable de maintenir pour la viabilité ; il est relativement facile d'ajourner sans dommage capital de un ou deux ans et même plus le relevé à bout d'une chaussée en pierre ou d'un pavage en bois ; l'aspect en sera moins agréable, le nettoiement plus difficile, et le roulement moins doux, mais la circulation pourra tant bien que mal s'y effectuer ; vienne le moment où les crédits permettront d'opérer le relevé à bout, la dépense à faire ne sera pas augmentée et l'on aura vite oublié les inconvénients passés ; il n'en va pas tout à fait de même avec l'empierrement et l'asphalte ; une négligence quelque peu prolongée peut entraîner de véritables désastres ; à partir du moment où la fondation de l'asphalte est à nu, les roues des voitures ont bien vite fait de démolir le béton et la circulation devient impraticable ; il en est de même lorsqu'on laisse des ornières se produire dans un empierrement. A cet égard l'asphalte et l'empierrement sont donc bien plus exigeants que le pavage en bois et le pavage en pierre. C'est ainsi qu'en 1906 le prix de l'entretien du pavage en bois a pu être réduit à 0 fr. 93 par mètre carré à Paris ; alors que les nécessités techniques auraient conduit à consacrer à cet entretien une dépense normale de 1 fr. 70.

Aussi faut-il se montrer très circonspect dans les comparaisons qu'on est tenté de faire au sujet des prix des revêtements dans les villes.

M. l'Inspecteur Général HEUDE, dans les Annales des Ponts et Chaussées (tome V 1908) a comparé à l'aide de formules algébriques les prix du pavage en pierre et de l'empierrement sur les routes nationales, en indiquant d'ailleurs que son étude n'était pas applicable aux grandes villes. Théoriquement, cependant, rien ne s'opposerait à ce qu'on fit usage pour les villes des mêmes formules, dans lesquelles interviennent l'amortissement du capital de premier établissements, les prix d'un relevé à bout, de l'entretien courant et du nettoiement. Mais il serait bien difficile d'aboutir à des résultats précis, justement à cause de cette élasticité des dépenses d'entretien dont nous parlions plus haut ; de plus,

le nettoiement, de même que l'entretien, est susceptible d'être plus ou moins onéreux selon qu'il doit être plus ou moins soigné ; à ce dernier point de vue, l'emplacement de la voie, la nature du commerce qu'y s'y effectue, etc., ont plus d'influence que les exigences du revêtement lui-même. Tout au plus peut-on faire usage de formules de ce genre pour comparer entre elles diverses variétés d'un même revêtement devant être employées dans des conditions de circulation et d'emplacement identiques ; par exemple pour comparer les bois durs aux bois tendres, l'asphalte américain à l'asphalte comprimé, etc. Encore faut-il avoir des documents bien précis — et en général assez longs à recueillir — sur les dépenses d'entretien et de nettoiement. Sans qu'il soit besoin d'insister autrement, on comprend, en effet, que ces dépenses *annuelles* acquièrent dans les formules une influence prédominante, et il est extrêmement tentant, pour les inventeurs, d'escompter une plus grande durabilité et des réparations moins nombreuses afin de faire accepter un prix de premier établissement plus élevé.

b. — Nature de la circulation

La nature de la circulation a une importance capitale sur la bonne tenue des chaussées, et il serait fort intéressant de pouvoir la représenter par des chiffres proportionnels à ses effets destructeurs. Tant qu'il s'est agi de recenser des voitures attelées on a pu les ramener toutes à une même unité de mesure « le collier », en faisant d'ailleurs usage de coefficients de réduction forcément un peu aléatoires ; mais, aujourd'hui, avec le développement de la locomotion automobile, le problème s'est singulièrement compliqué ; il ne suffit plus de faire état du poids des véhicules, il faut encore tenir compte de leur vitesse. Encore convient-il de distinguer entre les voitures munies de jantes en caoutchouc et celles munies de jantes en fer. Le recensement de la circulation est effectué périodiquement sur les routes nationales, et le chiffre de la circulation « réduite », c'est à-dire le nombre qui doit représenter à peu près la fatigue de la chaussée, et calculé d'après des instructions ministérielles qui fixent les coefficients de réduction (1). Dans

(1) Nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer pour plus amples détails sur ce sujet à l'intéressant rapport présenté au Congrès par M. Moullé, Chef de Division au Ministère des Travaux publics, 2e Section, question 8.

les villes où l'importance du trafic n'est pas comparable à celui des routes en pleine campagne, la tâche des observateurs devient extrêmement difficile ; de plus les chaussées ont des largeurs variables et un nouvel élément intervient qui est la « densité » de la circulation, c'est-à-dire l'importance du trafic par mètre de largeur de chaussée.

A Paris, les derniers recensements réguliers qui aient été effectués ont eu lieu du 1er mai 1881 au 30 avril 1882. Dans 35 postes d'observation — sur environ 300 à peu près également répartis entre les 20 arrondissements — le nombre moyen de colliers par 24 heures a été trouvé supérieur à 10.000 ; les chiffres maxima relevés sont 42.035 colliers rue de Rivoli, à l'angle de la rue du Louvre ; 36,185 avenue de l'Opéra n° 1 ; 29.108 place de la Bastille, en face de la rue du Faubourg Saint-Antoine ; 24,637 rue du Pont-Neuf, angle des quais ; 24.169 Place de l'Etoile, angle de l'avenue des Champs-Elysées ; 23.684 Boulevard des Italiens, angle de la rue de Richelieu ; 21.236 Boulevard de la Madeleine devant le n° 9. La circulation maxima en colliers, par mètre de largeur de chaussée, a été trouvée de 3.503 colliers rue de Rivoli, à l'angle de la rue du Louvre. A côté de ces chiffres, il est bon de rappeler que la circulation moyenne en colliers sur les routes nationales, pour toute la France, a varié de 244 c 2 en 1851-52 à 251 c 4 en 1903.

On conçoit sans peine combien les recensements de circulation à Paris peuvent être difficiles à organiser et onéreux ; c'est sans doute pourquoi il n'en a plus été fait depuis 1881. En 1908, du 3 au 9 février, la Préfecture de Police a cependant opéré un sondage en quatre points choisis respectivement : aux Champs-Elysées, devant les chevaux de Marly, au carrefour de la rue Royale et de la rue Saint-Honoré, au carrefour Drouot, et au carrefour Rivoli-Sébastopol ; les observations n'ont été faites que de 3 h. à 7 heures du soir ; comparées avec les chiffres correspondants relevés en 1881 aux mêmes endroits et à la même époque de l'année, elles ont fait ressortir des augmentations formidables, sauf peut être pour le dernier poste (carrefour Rivoli-Sébastopol) où l'intensité du trafic est restée stationnaire ; en général les chiffres ont sextuplé pour les deux premiers postes et presque triplé pour le 3e.

Le récent développement de la traction mécanique con-

duit à examiner d'une façon spéciale la manière dont les différents revêtements se comportent sous l'influence de cette circulation nouvelle.

Dans un automobile les roues motrices impriment au sol un effort en sens inverse de la direction suivie par la voiture, et les roues simplement porteuses un effort qui est au contraire dirigé dans le sens du mouvement ; si la chaussée est inégale et s'il vient à se produire des cahots, les chocs occasionnés aussi bien par les roues motrices que par les roues porteuses sont dirigés dans le sens du mouvement ; il en résulte que sous le passage d'un automobile un point considéré de la chaussée se trouve soumis, dans un laps de temps très court, à des efforts successifs en sens contraire qui tendent à l'ébranler violemment. A ces effets viennent s'ajouter les efforts de succion produits par l'écrasement et la détente des bandages caoutchoutés.

Avec les voitures à chevaux, le sol subit également des efforts alternés ; le pied des chevaux prenant appui dans un sens, et les roues agissant en sens inverse ; mais la succession de ces efforts est beaucoup moins dangereuse ; lorsque le poids est lourd, l'allure est en général lente ; par contre les voitures circulant au trot sont, d'habitude, légères ; il n'y a qu'à Paris, croyons-nous, où le poids et la vitesse se soient trouvés réunis pour des voitures à chevaux ; nous voulons parler des lourds omnibus à trois chevaux qui vont prochainement disparaître pour faire place aux « autobus », mais dont la circulation aura imposé pendant longtemps au pavé parisien une fatigue exceptionnelle.

A cet égard, un exemple instructif est fourni par l'entretien d'une surface d'asphalte comprimé située Place du Théâtre Français, au droit d'un important stationnement d'omnibus ; cette surface qui mesure 177 mq. est bordée de pavage en bois sur trois côtés, le quatrième côté longe le plateau planté contre lequel les omnibus viennent s'arrêter. Pendant longtemps son entretien a été extrêmement onéreux ; de 1900 à 1907, il a dû être refait chaque année en moyenne, plus de la moitié de la surface, exactement 57 0/0 ; à partir de 1908 la traction automobile ayant été substituée à la traction par chevaux sur la plupart des lignes stationnant en ce point, les réparations sont devenues beaucoup moins

onéreuses ; elles sont nulles en 1908 et n'ont affecté que 12 mq. en 1909.

On pourrait, semble-t-il, conclure de ce fait que l'asphalte s'accommode assez bien de la traction automobile, même lourde, du moment que les jantes de voitures sont munies de caoutchouc ; le résultat ne serait sans doute pas le même avec des automobiles munis de jantes en fer ; lors du démarrage ou du coup de frein le fer patine sur la chaussée et le frottement parait développer une chaleur suffisante pour brûler le bitume contenu dans le calcaire asphaltique et détruire sa cohésion.

A l'égard du pavage en pierre et du pavage en bois, la circulation des automobiles légers ne présente aucun inconvénient sérieux. Sur l'avenue des Champs-Elysées où la piste centrale est exclusivement réservée à ce genre de véhicules et où, par suite, ils peuvent circuler en vitesse, le pavage en bois se maintient admirablement ; l'huile de graissage qui tombe des carters l'a recouvert d'un tapis noir, brillant et uni ; la surface où la poussière d'apport est presque nulle et qui n'est pas souillée par les déjections des chevaux, est propre et nette.

En ce qui concerne l'empierrement, l'action des bandages pneumatiques produit dans les villes les mêmes effets qu'en rase campagne, toutefois avec une atténuation due à l'allure forcément moins rapide des véhicules.

Les goudronnages donnent des résultats assez variables ; excellents dans les voies de circulation légère et de luxe ; illusoires ou presque dans les voies de lourd trafic. L'avenue du Bois de Boulogne qui se trouve dans le premier cas se conserve très bien avec deux goudronnages par an ; au contraire dans l'avenue de la Grande Armée qui est voisine, mais où passent notamment les voitures de maraîchers se rendant aux Halles, les goudronnages n'ont eu aucun succès.

Enfin, on n'a pas encore trouvé de revêtement qui puisse supporter le passage des camions automobiles de « poids lourds » ; lorsque les véhicules de ce genre atteignant un poids de 20 tonnes, empruntent régulièrement les mêmes voies, les chaussées sont vouées à une destruction rapide ; les pavés de bois sont déplacés et écrasés (Exemple rue de Clisson), les pavés de pierre sont fendus ou brisés (Exemple : rue Jeanne-d'Arc, place de la Bastille, Boulevard Richard

Lenoir, etc.). Il est évident qu'une réglementation qui limitera le poids et la vitesse de ces engins s'impose de toute nécessité ; cette réglementation est d'ailleurs à l'étude.

c. — Insonorité

L'insonorité est une des qualités essentielles demandées aux revêtements urbains ; c'est principalement pour l'obtenir qu'on a recherché d'autres revêtements que le pavage en pierre.

Dans les voies de circulation intense, il faut à tout prix éviter le bruit intolérable des voitures ; c'est ainsi qu'à Paris avant l'apparition du pavage en bois, on s'était résigné à admettre l'empierrement sur les grands boulevards malgré la gêne que causaient les rechargements effectués au moins deux fois par an.

Un revêtement insonore n'est pas moins utile au droit des écoles, des hôpitaux, des Administrations publiques ; dans les voies de résidence où la circulation est restreinte, ce sont les riverains qui le réclament ; dans ce cas il est juste qu'ils contribuent dans une certaine proportion aux dépenses, et c'est là d'ailleurs un principe adopté généralement à Paris.

L'empierrement et le pavage en bois paraissent avoir le même degré d'insonorité ; sur l'asphalte le bruit des roues est négligeable, mais le choc du sabot des chevaux est plus sensible ; quant au pavage en pierre il est le type du revêtement bruyant.

Il est clair qu'il serait désirable d'adopter dans toute l'étendue de la ville un type de chaussée atténuant le bruit des voitures ; mais c'est là une décision qui entraînerait de grosses dépenses si elle devait être appliquée par mesure d'ensemble ; il faut donc se borner, la plupart du temps, à attendre que les revêtements existants aient besoin d'être réparés pour leur substituer à ce moment un revêtement insonore ; cette pratique ne va pas sans quelques inconvénients ; si la situation budgétaire ne permet pas de disposer de suite des crédits nécessaires à un convertissement, on est en effet tenté de retarder des réfections indispensables afin de ne pas rejeter à une époque trop éloignée l'amélioration désirée. Par contre, lorsqu'il s'agit des voies nouvelles, il est facile de prévoir de suite l'application d'un revêtement insonore.

d. — Poussières et nettoiement

Il faut distinguer les poussières d'apport dues au crottin, aux terres ou gravats échappés des tombereaux, aux travaux de construction, à la boue amenée par la circulation, aux projections faites par les riverains ou les passants, etc. — et les poussières résultant de l'usure même de la chaussée ou des soins nécessités par son entretien.

La nature du revêtement n'aura évidemment aucune influence sur les poussières de la première catégorie ; c'est au contraire le revêtement qui devra s'en accommoder. Seul le pavage en bois paraît assez susceptible à cet égard ; un nettoiement défectueux et le contact prolongé de la boue lui sont funestes.

En ce qui concerne les poussières de la seconde catégorie, l'empierrement doit être classé en premiére ligne comme producteur de ces poussières et ses inconvénients sont d'autant plus grands que son usure est plus rapide, c'est-à-dire que la circulation est plus intense ; on sait les efforts qui ont été faits pour atténuer cette infériorité, notamment à l'aide de goudronnages ; il parait peu probable néanmoins que l'empierrement soit appelé à se développer dans les grandes villes.

Le pavage en pierre vient ensuite ; ses joints retiennent toujours, malgré un nettoyage minutieux, des détritus divers, qui, desséchés par le soleil, s'envolent au premier coup de vent.

Le pavage en bois a une usure assez lente pour ne produire par lui-même qu'une poussière insensible ; il en est de même pour l'asphalte ; mais ces deux revêtements sont assez glissants par temps humides et doivent être sablés ; il n'est pas rare de remarquer des sablages trop abondants qui favorisent la production de boue — et plus tard de poussière — sans faciliter autrement la circulation ; au lieu de sabler il serait préférable, la plupart du temps, de ressuyer la chaussée avec des raclettes en caoutchouc. Enfin les pavages en bois ont besoin d'être périodiquement « gravillonnés », c'est-à-dire recouverts de débris de pierre dure, en général, des débris de porphyre, qui pour une partie s'enfoncent dans les fibres superficielles et « ferrent » leur surface et pour l'autre sont réduits en boue ou en poussière.

En définitive, le classement des différents revêtements au point de vue de la production de poussière paraît être le suivant : l'empierrement, le pavage en pierre, le pavage en bois et l'asphalte.

Quant aux soins de nettoiement, nous avons vu qu'ils avaient une importance essentielle pour la conservation du pavage en bois ; à Paris, il est de règle que les chaussées en bois des grandes artères soient lavées à grande eau tous les matins et caoutchoutées ensuite ; cette pratique n'est certainement pas étrangère aux bons résultats obtenus avec ce revêtement.

Les dépenses de nettoiement de l'asphalte sont, en fait, assez sensiblement égales à celles nécessaires pour le pavage en bois ; on peut pour l'un et l'autre revêtements les évaluer à environ 0 fr. 75 par mètre carré et par an. Pour le pavage en pierre on peut compter environ 0 fr. 50. Quant à l'empierrement, dont le nettoiement proprement dit ne peut guère être séparé de l'entretien, il parait difficile de les chiffrer à moins de 0 fr. 50.

e. — Glissement et déclivité

Le glissement est d'autant plus à craindre que le revêtement est plus lisse, et par conséquent plus parfait à d'autres égards ; les chances de glissement augmentent avec la déclivité ; de sorte que le glissement et la déclivité doivent être examinés simultanément.

L'asphalte comprimé, qui est en définitive un calcaire, se polit comme le marbre et de tout temps on lui a reproché ce défaut. A vrai dire, il semble bien que plus ce revêtement est répandu dans une ville, plus les chevaux s'y habituent et plus leurs chutes deviennent rares ; en outre on est amené à prendre la précaution de les ferrer en conséquence.

L'humidité augmente les chances de glissement ; il en est de même d'un nettoiement imparfait et de la présence de crottin frais. A Paris on hésite pendant les chaleurs à arroser abondamment les asphaltes ; à Berlin au contraire des essais nombreux ont établi que les arrosages ne présentaient aucun inconvénient. On doit attribuer cette différence de résultats précisément à l'importance relative de ce mode de revêtement dans ces deux villes ; on n'ignore pas en

effet qu'à Berlin l'asphalte tient à peu près la place qu'occupe le pavage en bois à Paris.

Sur les rampes pourvues d'un revêtement lisse, la traction devient très pénible, les chevaux ne trouvant pas des points d'adhérence leur permettant d'employer leurs forces ; de plus, la voiture abandonnée à elle-même aurait tendance à descendre et l'effort continu que les chevaux doivent déployer pour s'opposer à ce mouvement est pour eux une nouvelle cause de fatigue. Une observation curieuse met ce dernier point en évidence ; pour une même rampe, il faut ajouter un cheval de renfort sur un tramway alors qu'un omnibus peut s'en passer ; le tramway tend en effet à descendre sur ses rails, tandis que l'omnibus, surtout si la voie est pavée, n'a pas la même tendance.

En général, lorsque la pente dépasse 15 m/m par mètre on s'abstient d'employer l'asphalte.

Le pavage en pierre, surtout avec certaines natures de pavés, peut devenir également très glissant ; c'est pour ce motif qu'on a abandonné à Paris les pavés de porphyre si remarquables à d'autres égards.

Le pavage en bois — lorsqu'il est propre — n'est pas glissant ; à ce point de vue les bois durs sont cependant inférieurs aux bois tendres. A Paris le bois est admis pour toutes les voies ayant une déclivité inférieure à 50 m/m par mètre ; le pavage en bois le plus déclif est celui de la rue Anatole de la Forge (53 m/m de pente sur 104 m. de longueur).

f. — Facilité des réparations

Il est indispensable de pouvoir effectuer les réparations du revêtement sans occasionner une gêne trop considérable à la circulation. Les chaussées en ciment (analogues à celles de Grenoble), qui ont jadis été proposées, ont dû être écartées à cause de la durée du barrage nécessité par le délai pendant lequel le ciment fait prise.

On a renoncé de plus en plus, pour les chaussées empierrées, à la méthode d'entretien dite « par emplois partiels » consistant à combler les flâches au moyen de cailloux pilonnés ensuite et on procède de préférence par « rechargements généraux » ; tout compte fait, il est moins gênant de barrer complètement la voie pendant quelques jours plutôt que

de la réparer imparfaitement et de la laisser à peu près impraticable pendant de longs mois. Au surplus les réparations ou réfections ainsi effectuées ont une plus longue durée. A Paris, depuis l'extension du pavage en bois, il n'existe plus d'empierrement où les rechargements soient nécessaires deux fois par an ; mais il en existe encore où le rechargement annuel est la règle ; il est incontestable que ces travaux gênants pour les riverains et la circulation générale sont une nouvelle cause d'infériorité pour les empierrements.

Le pavage en pierre se répare aisément et les surfaces réfectionnées peuvent être immédiatement rendues à la circulation ; il en est sensiblement de même pour l'asphalte.

En ce qui concerne le pavage en bois, un certain délai — environ 3 ou 4 jours — devrait normalement s'écouler entre l'achèvement du coulage des joints et le débarrage pour laisser au ciment le temps de faire prise ; on est souvent amené, dans la pratique, à réduire ce délai, et on recouvre alors la surface refaite d'un épais matelas de sable destiné à amortir les chocs ; on procède ainsi notamment pour les repiquages de faible étendue ; mais les voitures ont vite fait de disperser le sable et les repiquages ne donnent jamais que des résultats assez médiocres. Aussi il est préférable d'adopter pour le pavage en bois, comme pour l'empierrement et en général pour tous les revêtements, le principe des « rechargements généraux » c'est-à-dire de la réfection intégrale après usure.

g. — Voies de tramways

La présence des voies ferrées dans les chaussées est une des causes les plus graves des dégradations du revêtement. La question est assez importante pour faire l'objet de rapports spéciaux qui seront présentés au Congrès ; nous devons nous borner à examiner comment se comportent les divers revêtements dans le voisinage des rails.

Des expériences nombreuses effectuées depuis 1901, avec un appareil enregistreur, nous ont démontré que toutes les voies ferrées subissent, au passage des tramways, des flexions d'amplitude plus ou moins grande suivant les soins apportés à leur pose. Les procédés d'enregistrement étaient même

assez sensibles pour faire ressortir, lorsque les voitures étaient munies non de roues pleines mais de roues à rais, les chocs successifs dus au passage des rails sur la verticale. Dans les voies solidement scellées et cramponnées dans le béton, la flexion n'atteint pas 1/10e de millimètre; par contre, avec des modes de pose moins soignés, les flexions de plusieurs millimètres ne sont pas rares. Quoiqu'on fasse, il parait difficile d'éviter jamais ces flexions ; à supposer qu'on puisse rendre les voies mathématiquement rigides, il n'en sera jamais de même pour le revêtement voisin, de sorte qu'à priori il semble qu'on doive considérer comme inévitable un décollement entre le rail et le revêtement (1).

D'autre part le rail ne s'use pas comme le revêtement ; d'où la production d'ornières que les voitures ordinaires ont tendance à suivre en y engageant une de leurs roues, ce qui entraîne la prompte dégradation non seulement de la zone contigüe aux rails, mais aussi de celle suivie par l'autre file de roues.

L'empierrement est tout à fait inacceptable dans les zones de rails des tramways urbains ; le cylindrage impose d'ailleurs aux voies une fatigue inadmissible.

L'asphalte se comporte tout aussi mal, avec cette aggravation que les réparations y sont plus coûteuses ; on a bien tenté d'interposer entre le fer et l'asphalte un matelas élastique de bitume coulé qui devait avoir pour but d'atténuer les effets destructeurs des vibrations ; il n'apparait pas que ce remède ait été entièrement efficace ; de guerre lasse on se résigne actuellement à placer une bande de pavés de pierre le long des rails malgré ce que cette disposition a de peu satisfaisant. Il faut ajouter qu'à Paris l'asphalte est plutôt rare dans les voies de tramways ; on n'en peut citer que quelques exemples isolés (la rue de Solférino, le quai d'Orsay, le quai Saint-Michel, la place du Parvis) et en principe on le supprime partout où l'on pose de nouvelles voies.

Le pavage en bois s'accommode assez bien de son voisinage avec les rails, à condition que les voies soient solidement scellées dans le béton ; l'entretien en reste toutefois assez

(1) Les rails qui reposent sur le béton ont de plus une tendance à marteler ce béton et les scellements rigides ne paraissent pas pouvoir se conserver longtemps. On a proposé d'intercaler entre le béton et le rail un intermédiaire élastique : longrine en bois ou bande de feutre qui remédierait à cet inconvénient. Autant qu'on en peut juger actuellement les premiers résultats obtenus sont satisfaisants.

coûteux surtout lorsque l'on doit pratiquer des saignées pour remédier aux inconvénients dus à la poussée. Il faut reconnaître que cette poussée du pavage en bois est un de ses défauts les plus graves ; son action est presque irrésistible puisque l'effort développé par chaque pavé peut atteindre 500 à 1.200 kg. ; lorsque le desserrage n'est pas fait à temps les rails sont ébranlés et descellés, et le mal, par la suite, ne fait que s'aggraver. Avec l'équipement électrique en caniveau souterrain, les poussées peuvent occasionner de réels désastres. On a préconisé divers remèdes ; le premier consiste à imbiber préalablement les pavés d'eau sous pression. Un essai effectué à Paris sur une assez grande échelle — environ 1.600 m. de voie double — rues du Quatre-Septembre et Réaumur, a paru donner d'assez bons résultats la première année ; on en est actuellement à la deuxième année d'essai et déjà quelques poussées se sont manifestées ; il est à craindre en effet que l'eau s'étant évaporée, les pavés desséchés ne reprennent leur faculté d'expansion. On a proposé également d'interposer, entre les joints longitudinaux des pavés, des plaques de feutre ; des essais actuellement en cours diront si le feutre conserve son élasticité suffisamment longtemps pour rester efficace.

En l'état actuel on peut dire que la question reste ouverte.

Le pavage en pierre est, de tous les revêtements, celui qui paraît le moins souffrir du voisinage des rails ; peut être le fait tient-il aussi pour une bonne part à ce que, comme il est naturellement d'une surface plus irrégulière, on se montre moins exigeant à son égard.

h. — Hygiène

Au point de vue de l'hygiène, le meilleur revêtement est celui qui tout en n'ayant pas de joints et ne présentant aucune rugosité ne se laisserait pas imbiber par les liquides souillant la chaussée.

L'asphalte comprimé paraît répondre entièrement à cette définition ; il est incontestablement le revêtement hygiénique par excellence, au moins théoriquement.

Reste à savoir si, dans la pratique, on doit prendre au mot les règles étroites posées par les hygiénistes.

Les pavages en pierre avec joints de sable sont à première

vue très critiquables puisqu'ils laissent les eaux souillées s'infiltrer dans le sous-sol. Il n'est pas rare cependant, lors d'un relevé à bout dans une voie très fréquentée, de trouver sous les pavés une forme de sable entièrement saine et propre.

Quant au pavage en bois, ses joints garnis en ciment s'opposent au passage des eaux ; on lui a bien reproché de se laisser infecter par imbibition; depuis longtemps des expériences minutieuses poursuivies à Paris par le Chef du Service Micrographique de la Ville, M. le Docteur MIQUEL, ont établi que les microorganismes ne pénètrent pas dans les pavés ; seule leur surface est souillée comme l'est celle de tout revêtement ; un bon nettoiement comportant des lavages réguliers à grande eau fait disparaître ces souillures.

Par contre, en ce qui concerne les poussières, les désirs des hygiénistes concordent avec les besoins de bien-être et de propreté qui se répandent de plus en plus ; là encore l'empierrement malgré les palliatifs des goudronnages, vient tout à fait au dernier rang des revêtements urbains.

En somme, il apparait que la santé publique est moins intéressée par la nature des matériaux constituant les revêtements que par une moindre production de poussières et par la perfection des soins apportés au nettoiement.

i. — Résistance au roulement et à la traction

Sur des chaussées en bon état d'entretien la résistance au roulement parait assez peu variable avec la nature du revêtement ; c'est ce qui explique sans doute pourquoi, depuis les expériences célèbres du Général MORIN, la question a été relativement peu étudiée, du moins en France.

Les chaussées d'asphalte sont très roulantes, mais les efforts que les chevaux doivent y développer pour conserver leur équilibre peuvent, jusqu'à un certain point, contrebalancer cet avantage. Après l'asphalte viendraient sensiblement sur la même ligne le macadam sec et neuf, le pavage en bois, et le pavé de pierre.

M. LAVALARD, Administrateur de la Compagnie Générale des Omnibus de Paris, a fait en mars-avril 1884 diverses

expériences dynamométriques, desquelles il résulte que l'effort moyen de traction par tonne serait :

Sur l'empierrement sec et en bon état de.	12k,040 à 17k,200
— — arrosé et en assez bon état.	16k,770 à 18k,990
Sur le pavé de pierre sec.	14k,360 à 17k,200
— bois sec	15k,196
— bois légèrement arrosé . .	16k,620 à 19k,570

Ces chiffres nous paraissent établir suffisamment que la résistance au roulement peut rester une considération secondaire dans le choix du revêtement.

j. — Circonstances locales

Après les différents points de vue que nous venons d'examiner, il ne faut pas oublier de citer en terminant les circonstances locales, extrêmement diverses qui sont parfois de nature à jouer un rôle prédominant dans le choix du revêtement. On ne saurait songer à les énumérer toutes : nature du commerce qui s'effectue dans la voie envisagée, exigences des riverains, exposition à la chaleur ou à l'humidité, présence de plantations d'alignement, projections d'eaux grasses dans les caniveaux, etc. Citons encore l'exécution de travaux souterrains susceptibles d'entraîner des tassements pendant un délai assez prolongé. A Paris, dans ces derniers temps, la construction du chemin de fer Métropolitain a conduit à abandonner dans certaines voies l'asphalte préexistant (Exemple: rue Auber) pour y substituer le pavage en bois moins fragile et qui supporte mieux une fondation de stabilité douteuse.

II. — Revêtements employés

Nous sortirions du cadre de notre programme en décrivant les différents modes de construction des revêtements ; nous nous bornerons à donner des renseignements sommaires sur les avantages et les inconvénients qui permettent de choisir entre eux ainsi qu'entre leurs différentes variétés.

Rappelons tout d'abord qu'à Paris la surface totale des

voies publiques était répartie comme suit entre les différents modes de revêtement au 1er janvier 1909 :

Chaussées :

Chaussées empierrées. . .	1.165.430 mq	9.300.590 mq
— pavées en pierre.	5.604.400 mq	
— asphaltées . . .	415.000 mq	
— pavées en bois .	2.110.660 mq	
Voies en terre	5.100 mq	

Trottoirs :

Trottoirs en bitume. . . .	4.540.190 mq	7.239.400 mq
— en granit. . . .	649.760 mq	
Revers pavés à convertir en trottoirs règlementaires.	583.540 mq	
Contre-allées sablées . . .	1.465.910 mq	
Total		16.539.990 mq

Empierrement

Le prix de premier établissement d'un empierrement — en supposant que le sol sur lequel il est établi est encore à l'état naturel — varie entre 7 fr. et 8 fr. par mètre carré suivant qu'on emploie de la meulière ou du porphyre. Le prix d'entretien (voir plus haut) atteint 2 fr. 25.

On emploie le porphyre, les quartzites de Voutré ou de l'Ouest, d'une part, et la meulière d'autre part en quantités à peu près égales ; le caillou roulé n'est utilisé qu'en quantité presque insignifiante ; de plus, on casse dans les dépôts de pavés les pavés de rebut de granit et de grès dur et les produits du cassage sont employés pour les chaussées peu fatiguées. Les matériaux de porphyre présentent une grande résistance à l'usure et sont employés sur les chaussées où la circulation est la plus lourde et la plus active ; la meulière donne des empierrements d'une résistance un peu moindre mais encore très satisfaisante ; le granit ou le grès dur cassé est beaucoup plus médiocre ; quant au caillou il n'est employé que dans les voies tout à fait secondaires.

Le porphyre cassé et les quartzites valent 22 fr. le mètre cube (prix passible d'un rabais moyen de 24 fr. 50 0/0) la meulière 18 fr. et le caillou brut 7 fr. (ces deux derniers prix passibles d'un rabais de 15 fr. 53 0/0).

Le cassage dans les dépôts est payé à raison de 4 fr. 90 le mètre cube ; le prix de la pierre cassée dans les dépôts, rendue au lieu d'emploi, ressort à environ 8 fr. 30 — non compris la valeur des vieux pavés cassés.

Les goudronnages — suivant divers procédés — se sont considérablement développés.

Les surfaces sur lesquelles ont été appliqués ces divers procédés à Paris, sont :

En 1905	58.000 mq
En 1906	129.000 mq
En 1907	256.000 mq
En 1908	360.000 mq
En 1909	440.000 mq

Les goudronnages sont aujourd'hui effectués en régie et la Ville s'est procuré le matériel nécessaire à cet effet ; leur prix, tout compris, ressort aux environs de 0 fr. 14 par mètre carré.

L'effet des goudronnages dans les villes est encore incertain ; dans les voies de circulation très active, l'enduit ne se conserve que pendant quelques mois ; il est vrai que c'est pendant la belle saison, ce qui permet d'atténuer dans de notables proportions la production de poussière. Il semble que les procédés les plus simples soient les meilleurs. Aucun des nombreux produits spéciaux essayés n'a révélé de réelle supériorité. Signalons cependant un procédé (dustabato) essayé en septembre 1909 Boulevard Péreire Sud, entre les rues Guersant et Lebon ; il consiste à couler un bitume factice, à très bon marché, dans les interstices des pierres après une compression assez légère pour éviter l'écrasement des cailloux, et à terminer le cylindrage avant que le bitume ne soit devenu solide.

Quoiqu'il en soit et malgré les perfectionnements récents dont il est l'objet, l'empierrement à tout point de vue parait devoir être proscrit des chaussées urbaines de quelque importance.

Pavage en pierre

Le prix moyen d'un relevé à bout de pavage en pierre ressort à environ 3 fr. 50 par mq. ; celui d'un convertissement d'empierrement en pavage en pierre à 5 fr. non compris la valeur des pavés.

Les prix de pavés rendus dans les dépôts sont donnés au tableau ci-après :

Echantillons	Nombre de pavés au mètre carré	Nature des pavés (Prix du mille)			Observations
		Grès de l'Yvette et grès quartiztes de l'Ouest de la France		Granit des Vosges et du Limousin et arkoses de l'Autunois et du Charolais	
		1er choix	2e choix (1)		
14/20/16	30	510	420	450	(1) Le 2e choix n'existe que pour les grès de l'Yvette.
12/18/16	40	415	340	350	
10/16/16	52	325	265	300	

Le prix de premier établissement d'un mètre carré de pavage en pierre varie donc entre 17 fr. 60 et 21 fr. 90. L'entretien comme on l'a vu plus haut ressort à environ 0 fr. 80.

Le porphyre, malgré ses qualités, n'est plus employé dans les pavages de Paris où il est considéré comme trop glissant, les pavés de cette nature qui existent encore sont réservés pour les caniveaux où on les dispose sur une zone de 0 m 60 à 1 m. de largeur.

Les grès de l'Ouest donnent un excellent revêtement ; il en est de même pour les granits des Vosges et du Limousin qui s'usent très régulièrement. Les arkoses d'Autun et du Charolais sont un peu brisants. Quant aux grès de l'Yvette qui ne sont pas glissants et qu'on peut aisément se procurer à Paris, ils constituent, peut-on dire, le pavage type de la Capitale. Malheureusement à cause de la constitution même des grès, ils sont peu homogènes et difficiles à classer en échantillons d'usure égale ; il en est fait deux choix correspondant à des coefficients d'usure différents.

La pose des pavés à bain de mortier et directement sur béton est abandonné à Paris où l'on a reconnu le manque d'élasticité d'un pareil revêtement. Lorsqu'on a quelques doutes sur la qualité du sous-sol on établit une fondation de béton, mais les pavés y reposent par l'intermédiaire d'une couche de sable de 8 à 10 cm.

Les différents essais de garnissage de joints au mortier de ciment, au coulis de ciment ou au brai ne se sont pas développés.

Dans un autre ordre d'idées on a essayé de cylindrer les chaussées pavées avec des rouleaux compresseurs, mais il a été bien vite reconnu que ce cylindrage ne pouvait remplacer un bon dressage à la hie, fait à la main par un paveur exercé.

Les petits pavés cubiques de 0,08 à 0,10 de côté, disposés suivant une sorte de mosaïque circulaire d'après un type assez répandu en Allemagne, en Autriche et en Norvège, ont fait leur apparition à Paris en août 1908. Essayés sur une surface d'environ 500 mq., quai Conti, ils ont encore très bon aspect après une année et demie d'existence. C'est un pavage peu sonore et économique, dont l'exécution, non compris le prix des pavés, ne paraît pas ressortir à plus de 5 fr. par mètre carré sur un ancien empierrement.

Le défaut capital du pavage en pierre est sa sonorité ; il est pour ce motif appelé à disparaître de toutes les voies luxueuses à circulation intense.

Asphalte

Le prix moyen d'établissement d'un mètre carré de revêtement en asphalte comprimé de 0.05 d'épaisseur varie, sous le régime des adjudications en cours et suivant la nature du revêtement préexistant, de 17 fr. 85 à 19 fr. 75, y compris fondation en béton. L'entretien, comme on l'a vu plus haut, coûte 1 fr. 20 environ.

On emploie suivant les différents lots d'entreprises, des roches de Ragusa (en Sicile), Val-de-Travers, Seyssel et, dans ces derniers temps, de Saint-Jean de Maruéjols ; aucune règle bien précise ne paraît présider au choix de la poudre et aux proportions de bitume suivant l'exposition de la rue, malgré l'importance qu'on attache à ces précautions à l'étranger.

Le pilonnage de la poudre est l'opération la plus délicate que comporte l'établissement de l'asphalte ; elle doit être parachevée par un cylindrage ; on s'était contenté jusqu'à ces derniers temps de promener sur la surface un rouleau traîné à bras d'hommes ; depuis peu, l'une des entreprises fait usage d'un rouleau chauffé intérieurement par un feu de coke. Une autre entreprise s'est procuré un rouleau à vapeur d'environ 6 tonnes. Des cylindrages d'asphalte ont été également effectués par la Ville à titre d'essai avec un rouleau d'empierrement de 16 tonnes. Les avantages et les inconvénients des diverses méthodes sont assez difficiles à discerner ; toutefois le cylindrage mécanique parait à priori préférable.

On s'efforce en cours d'entretien de ne pas laisser descendre l'épaisseur de la couche asphaltique au-dessous de 2 cm. car à partir de ce moment une réparation partielle deviendrait à peu près impossible ; pour se rendre compte de l'épaisseur subsistante sans abimer le revêtement, le Service Municipal de Paris fait usage d'une sorte de tarière qui prélève un échantillon cylindrique d'environ 35 m/m de diamètre ; le trou est ensuite rebouché au ciment.

L'Asphalte américain, mélange de sable siliceux et de bitume, a été essayé en 1900 rue du Louvre et Avenue Victoria ; l'essai de la rue du Louvre a été supprimé en 1909 ; celui de l'Avenue Victoria subsiste encore ; les résultats ont été satisfaisants ; il semble d'ailleurs que ces chaussées soient moins glissantes que l'asphalte ordinaire.

L'asphalte armé ou *granit asphalte*, qui n'est qu'une sorte d'empierrement en granit dont les matières d'agrégation seraient constituées par une pâte asphaltique, a été essayé rue Saint-Martin en octobre 1902, (essai supprimé depuis), quai aux Fleurs (en juin 1906), rue François Miron (en mai 1908) et rue des Deux-Boules (en mai 1908) avec des succès divers. Il est également moins glissant que l'asphalte comprimé et ne paraît pas sensible à cette action de laminage qui fait refluer l'asphalte ordinaire dans les caniveaux, où les réparations deviennent par suite les plus nombreuses ; en fait les caniveaux en asphalte armé se comportent d'une façon satisfaisante.

L'asphalte caoutchouté, essayé rue du Roule en 1904, n'a

donné que des résultats médiocres ; il vient d'être supprimé définitivement (avril 1910)[1].

Les carreaux d'asphalte qui, à certains égards, sont très séduisants puisqu'ils suppriment l'apport de la poudre chaude ainsi que le pilonnage sur place et les imperfections forcées de cette main-d'œuvre, ont donné lieu en 1894 à un essai intéressant rue de la Victoire ; ils ne se sont cependant pas répandus. Un nouvel essai va être prochainement entrepris, la question étant de celles qui paraissent devoir être suivies.

On ne peut s'empêcher de remarquer la défaveur relative de l'asphalte à Paris ; on a tenté de l'expliquer par le souvenir des insuccès retentissants survenus de 1879 à 1882. En fait l'asphalte a sa place toute indiquée dans les quartiers de résidence et dans les voies de faible circulation et de faible pente ; mais par sa fragilité, il ne parait pas répondre aux besoins de la circulation extraordinairement intense et lourde des grandes artères parisiennes.

Pavage en bois

Le prix du premier établissement d'un mq. de pavage en bois, y compris fondation, varie suivant la nature de la chaussée préexistante entre 17 fr. 50 et 19 fr.

Son entretien peut être maintenu temporairement aux environs de 1 fr., mais ce prix est notablement inférieur aux besoins réels. Après une expérience prolongée, les bois tendres (pin des Landes— mélèze, sapin de Nord) ont définitivement triomphé à Paris des bois durs (chêne, karri, jarrah, liem, etc.) ; ces derniers ont révélé une infériorité marquée ; ils étaient d'abord extrêmement coûteux ; ensuite leurs joints se disloquaient et les pavés rendus libres dans leurs alvéoles martelaient et détruisaient le béton sous-jacent. Il ne faut pas oublier en effet que les bois présentent, pris debout, des résistances considérables, supérieures à celles de certaines pierres, et en particulier supérieures à celles du béton ; en sorte qu'ils ne peuvent vivre en bonne harmonie avec leur fondation que grâce à leur élasticité ; or, précisément les bois durs sont aigres, brisants, peu élastiques, d'où leur insuccès. Les renseignements ci-après, où les chiffres cités ne sont que des moyennes, permettent de se rendre

compte de la résistance comparative des bois et de certaines pierres :

Résistance à la compression du béton de fondation .	100^{k} par c/mq
— de l'asphalte comprimé à	0° 300^{k} par c/mq
— — —	15° 150^{k} par c/mq
— du pin non gemmé	507^{k} par c/mq
Résistance à la compression du pin gemmé .	531^{k} par c/mq
— des bois durs : supérieure à . .	600^{k} par c/mq
— du granit de	450^{k} à 1600^{k} par c/mq
— du calcaire oolithique dur de .	350^{k} à 600^{k} par c/mq
— — — demi-dur de.	150^{k} à 200^{k} par c/mq

Les poussées du pavage en bois tendre ou dur ont de tout temps préoccupé les ingénieurs ; il semble qu'un procédé récent permette d'en atténuer considérablement les effets du moins contre les bordures ; il consiste à interposer contre la bordure une rangée de parallélipipèdes creux en tôle formant une sorte de soufflet susceptible de s'écraser sous la poussée sans la transmettre ; des essais comparatifs, effectués en juillet 1909 Boulevard Montmartre, ont permis de concevoir les meilleures espérances ; si cette invention nouvelle tient ses promesses on pourra sans doute économiser le coulage au brai des joints de caniveau ; néanmoins il sera toujours bon de drainer comme actuellement la fondation, c'est-à-dire de faire en sorte que les eaux qui auraient pu s'infiltrer exceptionnellement entre les pavés et la fondation puissent s'écouler naturellement à l'égout.

Nous avons dit plus haut qu'il était nécessaire de répandre de temps en temps sur les pavages en bois du gravillon à arêtes coupantes, notamment des débris de porphyre, pour *ferrer* la surface du pavé. Cette pratique indispensable a soulevé quelques objections de la part des automobilistes en raison des détériorations causées aux bandages en caoutchouc. Des essais sont en cours actuellement pour effectuer sitôt après répandage du gravillon un cylindrage à vapeur — avec des cylindres légers — qui activerait la pénétration dans les fibres du bois et éviterait d'attendre cet effet de la circulation générale.

On sait que pour l'entretien par grands remaniements (voir rapport de M. l'Ingénieur en Chef TUR, au premier

Congrès International de la Route), il est nécessaire « d'ébarber » le pavé usagé, c'est-à-dire d'enlever les fibres qui débordent sa face supérieure ; on emploie dans ce but des ébarbeuses mécaniques. Un perfectionnement récent a rendu ces engins plus économiques et plus commodes en permettant de les actionner non plus par l'électricité ou le pétrole, mais par le gaz de la Ville pris sur les candélabres d'éclairage public.

Le pavage en bois a, par rapport à l'asphalte, l'inconvénient de pourrir dans les voies où la circulation est faible ; des procédés de conservation permettent d'atténuer ce défaut ; depuis le dernier Congrès, il n'a été proposé aucun procédé nouveau pour la conservation des bois.

L'essai entrepris, en 1907, place de la République, avec les pavés traités par le procédé de M. MANAGNAN a été suivi en septembre-octobre 1909, d'un essai plus étendu sur 4.025 mètres carrés rue de Rivoli, entre la rue du Louvre et la Place du Palais-Royal ; de fortes poussées ont déversé les bordures et les candélabres, mais à part cet inconvénient qui n'a rien de spécial au procédé, l'aspect général des deux essais est satisfaisant. Il est à remarquer que ce pavage est posé sans joints, ce qui lui donne une surface beaucoup plus unie que celle du pavage ordinaire où il est ménagé entre les ranges transversales des joints de 8 m/m. Un essai en pavés, traités les uns par simple trempage dans la créosote, les autres par injection de créosote par vide et pression et posés sans joints a été entrepris rue de Rivoli au droit des n°s 212 et 214, à la même époque que le second essai de pavage système MANAGNAN, et permettra d'utiles comparaisons.

Les expériences avec des bois creosotés par le procédé RUPING ont également été poursuivies sans permettre encore des conclusions précises.

Ajoutons que les pavés du système MANAGNAN ainsi que ceux du système RUPING, enfouis dans un pourrissoir et relevés après plus de deux années de séjour, ont accusé des résultats assez indécis ; leur conservation en tout état de cause n'était nullement supérieure à celle des pavés témoins préparés par créosotage sous pression.

Nous avons vu dans la première partie du présent rapport les nombreux avantages que présentait le pavage en bois ; il est certain qu'à Paris ce revêtement a conquis de haute

lutte son droit de cité et qu'il paraît devoir s'étendre de plus en plus.

III. — Trottoirs

Le mode de revêtement des trottoirs ne présente pas, au point de vue des conditions de résistance, une aussi grande importance que celui des chaussées qui doit supporter des efforts beaucoup plus considérables.

La condition à réaliser est spécialement d'offrir à la circulation des piétons une surface unie, sans être glissante, constituée par des matériaux étanches.

A Paris, cette condition se trouve remplie, soit par l'emploi du bitume coulé, soit par l'emploi de dalles en granit.

Bitume coulé. — Le bitume coulé, qui constitue en grande partie le revêtement des trottoirs, est composé de mastic bitumineux, de bitume naturel épuré, de sable et de vieux bitume coulé provenant de relevage d'anciens trottoirs, ces matériaux sont mélangés dans les proportions suivantes prescrites par les cahiers des charges en vigueur mais qu'il ne convient pas de considérer comme immuables :

Mastic bitumineux	100	kilogs.
Bitume naturel pour fondant . .	9	—
Sable.	50	kg. au plus.
Vieux bitume coulé	110	—

Le mastic bitumineux est obtenu par fusion de la roche asphaltique naturelle ou de vieux relevés de comprimé avec du bitume naturel épuré.

L'épaisseur du revêtement est le plus généralement de 0,015 ; elle peut être portée à 0,02 dans les voies très fréquentées. La couche de bitume coulé est appliquée sur une fondation en béton de chaux éminemment hydraulique de 0,09 d'épaisseur, recouverte d'un enduit de 0,01 en mortier de chaux. La fondation ainsi constituée est, avant l'application du bitume, recouverte elle-même d'une légère couche de sable fin.

Pour une épaisseur de 0,015, le prix du revêtement ressort à environ 7 fr. le mètre superficiel, toutes fournitures et mains d'œuvre comprises.

Dallages en granit. — Dans les voies du centre de Paris particulièrement où la circulation est d'une extrême densité, on a fait jadis emploi de dalles en granit pour le revêtement des trottoirs. Ce mode de revêtement, qui est d'un aspect très satisfaisant et luxueux, n'est plus aujourd'hui aussi couramment employé et pour toutes les voies nouvelles on lui préfère maintenant le bitume coulé.

Les dalles en granit proviennent des bancs les plus durs des carrières de Normandie et de Bretagne. Ces dalles, qui doivent être parfaitement taillées et dressées sur leur surface vue mesurent 0 m. 10 d'épaisseur ; elles doivent présenter une superficie d'au moins 0 mq 30, sans que leur largeur soit inférieure à 0 m. 40. La nécessité de leur faire épouser les contours des trottoirs, notamment à la rencontre de deux voies, entraîne un appareillage assez laborieux.

Ces dalles reposent sur une forme de sable de 0 m. 10, recouverte d'un enduit en mortier de chaux de 0,03 d'épaisseur ; elles sont posées à bain de mortier et rejointoyées. Le revêtement ainsi constitué ressort à environ 22 fr. le mètre superficiel, toutes fournitures et mains d'œuvre comprises.

Comparaison des deux modes de revêtement

Bien que les rues de Paris soient en général pourvues d'égouts renfermant les conduites d'eau, les conduites d'air comprimé et les fils télégraphiques et téléphoniques, il n'en reste pas moins que les trottoirs sont fréquemment éventrés pour recevoir les canalisations de gaz et d'électricité qui, elles, ne peuvent être placées dans les égouts.

Il est donc nécessaire d'adopter pour les trottoirs un revêtement qui se prête commodément à l'ouverture de tranchées et à leur réfection ultéreure. A ce double point de vue, le bitume coulé est préférable au dallage en granit qu'il faut le plus souvent démolir par grandes surfaces pour l'ouverture de tranchées de faible largeur.

D'autre part, le dallage en granit devient, sous les effets de la circulation, assez rapidement glissant et il faut périodiquement y effectuer des bouchardages ; pour ce motif son entretien est certainement plus onéreux que celui du bitume coulé.

En résumé, le revêtement en bitume coulé, convient parfaitement aux trottoirs des voies de Paris ; c'est un revêtement d'un prix de revient relativement faible, il se prête à toutes les exigences inhérentes à l'établissement des canalisations qui ne peuvent trouver place en égout, pas plus qu'elles ne doivent être posées sous les chaussées, généralement pourvues de fondation de béton. Enfin les réparations en sont rapides et commodes, au grand avantage de la circulation.

En terminant, nous ajouterons que le revêtement des trottoirs, au droit des immeubles pourvus de portes cochères, est constitué par des passages pavés. Ceux-ci sont établis avec des pavés de grès de l'Yvette 1er choix, taillés au panneau, cubiques, généralement de 0 m 16 de côté, qui reposent sur une fondation de sable de 0 m 15 d'épaisseur ; le pavage posé à bain de mortier, est appareillé en échiquier, les joints doivent avoir 0,005 au plus de largeur, ils sont lissés et tirés au fer.

IV. — Conclusions

De l'étude qui précède, nous nous bornerons à tirer des conclusions uniquement applicables aux villes où la circulation présente, comme à Paris, un caractère d'intensité tout à fait exceptionnel.

Les empierrements, malgré leurs perfectionnements récents (goudronnages) ne paraissent nullement appropriés aux voies urbaines ; leur entretien est onéreux et incommode ; ils produisent de la boue et de la poussière.

Le pavage en pierre est en général le revêtement dont l'entretien est le plus économique, bien que son prix de premier établissement soit supérieur à celui du pavage en bois et de l'asphalte ; toutefois dans les grandes artères, de trafic lourd et intense, son entretien peut devenir plus onéreux que celui du pavage en bois. Sa sonorité constitue le plus grave

défaut qui le fait écarter de toute voie luxueuse ou simplement des quartiers de résidence.

Parmi les revêtements insonores, la lutte est circonscrite entre le pavage en bois et l'asphalte ; à Paris, le bois est préféré d'une façon presque générale pour toutes les voies, sauf celles ou le trafic est faible et la pente réduite et pour lesquelles l'asphalte parait reprendre l'avantage.

En ce qui concerne les revêtements de trottoirs, le bitume coulé, moins luxueux, mais aussi moins cher que les dalles de granit, parait répondre à tous les besoins.

Paris, Avril 1910.

L. MAZEROLLE.

66112. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR
le Colonel R. E. B. CROMPTON, C. B.
(Royal automobile Club, Londres)

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
1910

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN DES CHAUSSÉES

DES GRANDES VILLES

Il convient de répartir les chaussées de nos villes en trois classes: la première renferme les chaussées macadamisées, très répandues, constituant la totalité des chaussées des villages et petites villes, et entrant pour une forte proportion dans celles des grandes villes; la seconde classe comprend les chaussées perfectionnées, dont le revêtement est ordinairement de bois ou d'asphalte, mode adopté sur une vaste échelle par toutes les grandes villes et par beaucoup de moyennes; la troisième classe représente le revêtement de granit, employé partout où la circulation est exceptionnellement dense, comme celle des chaussées situées dans le voisinage immédiat des docks, quais, magasins des chemins de fer et entrepôts analogues, où l'on doit manutentionner continuellement des marchandises lourdes et où, par suite, le tonnage du mouvement par mètre carré atteint un chiffre exceptionnel.

En reprenant l'ordre indiqué, nous constatons qu'en Angleterre, à l'heure actuelle, l'amélioration des chaussées de la première catégorie, c'est-à-dire des chaussées macadamisées, a pris une importance prépondérante. On trouve principalement ces routes dans les quartiers paisibles, neufs ou vieux, et dans ceux où l'on se retire pour jouir de la tranquillité et pour n'être pas incommodé par la circulation. Il y a lieu de donner à ces chaussées une constitution présentant certains caractères dont les principaux sont d'être aussi « silencieuses » que possibles, exemptes de poussière en été et de boue en hiver, de pouvoir se nettoyer facilement et d'être d'un entretien peu coûteux. Jusqu'à ces dernières années, aucune sorte de chaussée macadamisée ne pouvait satisfaire heureusement à toutes ces conditions mais, depuis la généralisation, du

moins en Angleterre, de l'imperméabilisation des revêtements par goudronnage, nous estimons qu'on peut donner une solution satisfaisante au problème des voies urbaines, car le goudronnage, dont l'application pratique ne date guère que de trois ans, a pris un tel développement que, dans les quartiers de Londres habités par la population aisée, où les chaussées ont toutes été goudronnées, d'ores et déjà, les riverains de ces voies en ont ressenti un bien inouï. Pour obtenir de bons résultats, il faut faire une étude approfondie des matériaux employés, et savoir choisir le goudron ou le liant bitumineux, ce qui a beaucoup d'importance. Ce choix dépend à son tour de la nature des pierres employées et du degré d'asséchement qu'on peut atteindre avant l'imprégnation. La difficulté s'aggrave, en Angleterre, de ce fait que le temps y est très incertain.

Un autre point qui exige beaucoup d'adresse et d'expérience, c'est le choix judicieux des granits, basaltes ou autres matériaux pour routes, dont les propriétés absorbantes à l'égard du goudron diffèrent sensiblement suivant l'espèce. Il importe également de faire bien attention au degré de rayonnement de la chaleur dont ces matériaux sont susceptibles, car autrement, le givre a tendance à se déposer sur les revêtements goudronnés, ce qui les rend glissants, mauvais pour les chevaux, et ce qui empêche les roues à bandages caoutchoutés des véhicules automoteurs d'adhérer suffisamment à la chaussée.

Un autre secret pour réussir consiste à n'appliquer le goudron ou le liant bitumineux qu'en quantité minimum et juste suffisante pour imperméabiliser la chaussée, car tout excès de goudron qui conserve sa fluidité dans le corps de la chaussée, une fois qu'elle est livrée à la circulation, a toute chance de demeurer longtemps à cet état, de sorte qu'au lieu d'être fortement stabilisées, les pierres constituant le revêtement sont sujettes, — par suite de l'action lubrifiante du goudron resté fluide, — à un déchaussement qui se propage de l'une à l'autre, à une désagrégation par frottement réciproque et à une destruction consécutive, comme il s'en est produit avec des routes macadamisées dont les liants étaient pénétrés d'eau à la suite d'un temps humide ou de la gelée.

Il y a deux méthodes distinctes pour appliquer le goudron : l'une superficielle, appelée généralement le badigeonnage, qui

peut être effectué à la main ou à la machine et qui, avec des conditions favorables, donne de la cohésion au revêtement sur une profondeur de 20 millimètres. Par conditions favorables, nous entendons que le goudron est appliqué lorsque les chaussées sont d'une sécheresse parfaite et que la poussière en est complètement balayée avant le répandage. Dans la saison humide, il est difficile de réaliser ces conditions; par suite, la pénétration du goudron au-dessous de la surface et sa durabilité sont réduites de beaucoup; d'ailleurs, dans les circonstances les plus avantageuses, on ne peut s'attendre à voir durer plus d'une saison la cohésion procurée par le goudronnage, de sorte qu'en définitive, il faut recourir à la méthode d'imprégnation plus complète, qui porte sur l'intégralité des matériaux de la route et les atteint jusqu'à une profondeur de 80 millimètes au-dessous de la surface. Toutes les fois qu'on doit y procéder pour les routes déjà existantes, il faut enlever les matériaux jusqu'à 80 millimètres de profondeur et les remplacer par une couche d'agrégat goudronné, passé au rouleau pour fournir la même épaisseur : cet agrégat consiste en morceaux anguleux de granit ou de basalte passant à l'anneau de 60 mililmètres et en éclats de même nature en nombre suffisant pour combler les interstices, de sorte que le goudron préalablement appliqué aux morceaux gros et fins remplit les intervalles subsistants, enlève sa porosité à la chaussée et empêche d'y pénétrer toute eau se trouvant à la surface, soit après la pluie, soit après l'arrosage.

Une chaussée ainsi constituée acquiert une telle imperméabilité et durabilité qu'elle n'a jamais besoin d'un bombement de plus de 1/50 et que, dans bien des cas, elle donne des résultats satisfaisants avec une courbure réduite à 1/60. Il importe de passer ces matériaux de la couche supérieure au rouleau relativement léger (jamais plus de 10 000 kgr.); on a, en effet, constaté qu'il était très erroné d'employer des cylindres d'un poids supérieur, car ils peuvent écraser les matériaux nouvellement déposés, laisser ainsi à découvert des faces non goudronnées et, par suite, compromettre la bonne imperméabilisation. On a constaté qu'en Angleterre, le prix de revient de ces revêtements imperméables ne dépasse pas 2 fr. 30 par mètre carré en moyenne et l'expérience déjà acquise permet de croire qu'avec une circulation ordinaire, ce revêtement durera de six à dix ans sans renouvellement;

mais pour obtenir les résultats les meilleurs, il convient d'assurer l'imperméabilité continue par un léger badigeonnage au goudron, tous les ans ou une année sur deux.

Les chaussées ainsi aménagées et traitées possèdent au plus haut degré les qualités requises, à savoir d'être très silencieuses, très propres et très faciles à nettoyer sans exiger, pour ainsi dire, aucun arrosage pendant les périodes de sécheresse. Nous estimons que l'adoption de ce genre de chaussées se généralisera pour toutes les rues à circulation légère de nos grandes villes et pour toute la voirie des petites villes et que, dans bien des cas, on y trouvera un succédané avantageux des revêtements plus coûteux adoptés pour la seconde catégorie de rues dont la circulation est plus intense.

Nous avons l'intention de laisser à d'autres la discussion sur les meilleurs modes d'établissement des revêtements de bois et d'asphalte pour les rues de la seconde catégorie et les pavages de granit pour celles de la troisième catégorie. A Londres, on a atteint un haut degré de perfection en ce qui concerne les revêtements de bois et d'asphalte, et en Angleterre, nous estimons que les voies constituant les docks et quais de Liverpool et Glasgow sont d'excellents exemples de pavages de la troisième catégorie.

En résumé, nous croyons que le macadam perfectionné imperméable décrit dans ce rapport, constitue une solution satisfaisante du problème soulevé par la majorité des rues de nos villes et que les autres problèmes relatifs aux chaussées des deuxième et troisième catégories trouvent également une solution satisfaisante dans les pavages de bois et de granit adoptés actuellement dans une si large mesure.

Résolution

Pour les raisons d'hygiène et d'économie mentionnées ici, le Congrès se prononce énergiquement en faveur de l'imperméabilisation parfaite par le goudron ou par des matières d'agrégation bitumineuses, des voies et chaussées urbaines à circulation légère.

Colonel R. E. B. CROMPTON, C. B.
Memb. Inst. C. E.

(Trad. BLAEVOET).

65645. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

HECTOR F. GULLAN
A. M. I. C. E.
Superintendant of the Works Department
of the City and County Borough
of Belfast

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN DANS LES GRANDES VILLES
(Choix du revêtement et modes d'exécution)

Pour la construction et l'entretien des routes dans les grandes villes, l'Ingénieur procédant au choix des matériaux et du mode d'exécution du revêtement doit toujours avoir présents à l'esprit les facteurs suivants :

1° Conditions de la circulation.

2° Coût par an de l'entretien et du nettoyage actuels.

3° Coût par an de l'entretien et du nettoyage avec tout autre genre de revêtement proposé et dépenses de premier établissement s'il faut changer de revêtement.

4° Développement futur de la région, et exigences corrélatives de la circulation future sur la route envisagée

5° Conditions locales à remplir pour que le revêtement soit silencieux et non glissant en tenant compte des variations du temps.

6° Qualités des divers modes d'exécution proposés au point de vue de l'hygiène ;

Il y a lieu d'envisager d'une façon spéciale chacune des routes, et, dans certains cas, chacune des sections d'une même route.

I. *Conditions de la circulation.* — Il faut établir avec précision la nature et l'importance de la circulation, tant à traction mécanique qu'à traction de chevaux, sous le rapport de la vitesse, du poids (charge par essieu), de la largeur des bandages et de tous autres éléments locaux.

Coût actuel par an. — Il est extrêmement important :

1° de tenir une comptabilité très soignée des dépenses annuelles qu'entraînent actuellement : *a)* l'entretien et *b)* le nettoiement du revêtement tel qu'il existe pour le moment ;

2° de fixer le coût de tout autre revêtement ; étant donné la variation du temps, de saison à saison, il est nécessaire

de prendre pour base des calculs la moyenne des trois dernières années au moins.

Coût par année du genre de revêtement proposé. — Quand on étudie un changement de revêtement, il convient de déterminer le coût annuel de l'entretien et du nettoyage avec le nouveau revêtement, ainsi que les frais de premier établissement, s'il y a lieu, et d'établir une comparaison entre les prix de revient du revêtement tel qu'il existe et de celui qu'on étudie pour l'avenir. Voir tableaux numéros 1 et 2.

Augmentation de la circulation dans l'avenir. — Dans tous les cas, il faut prendre en considération l'augmentation possible ou probable, dans l'avenir, de la circulation sur la route envisagée, ainsi que les progrès de la région qu'elle traverse.

Conditions de lieu. — Il faut étudier soigneusement la question de savoir si l'on pourra rendre la route silencieuse et non glissante, étant donné, d'une part, les rampes et pentes, et, d'autre part, les localités traversées : *a*) lieux de villégiature, *b*) cités commerçantes, *c*) boutiques, *d*) usines, magasins généraux, embarcadères et débarcadères.

Qualités du revêtement au point de vue sanitaire. — Les conditions que le revêtement doit remplir pour être salubre sont : 1° être imperméable et 2° être exempt de poussière.

Les principaux revêtements actuellement adoptés sont :

1° Le macadam (jointoyé à l'eau).

2° Le tarmacadam, comprenant le « Tarmac », le « Tarvia » et autres revêtements jointoyés au goudron.

3° Le pavage de pierre;

4° Le pavage de bois ;

5° Le dallage d'asphalte, comprenant les asphaltes Val de Travers et Limmer.

Fondation. Pour les revêtements de toute sorte, il est absolument essentiel que la fondation soit suffisante pour supporter les charges qui pourront passer sur toute la largeur de la chaussée : toute défectuosité générale ou partielle de la fondation est, en effet, de nature à entraîner la destruction du revêtement, aussi scrupuleusement que les matériaux en aient été choisis et aussi habilement que les travaux aient été menés.

Macadam (jointoyé à l'eau). — L'essentiel pour obtenir un bon macadam est : 1° de choisir une pierraille assez résistante, soigneusement concassée à l'anneau de 2 pouces (5 cm. 8) ; 2° de la cylindrer comme il faut, et 3° de proportionner exactement la quantité de cassures à répandre et à balayer dans les joints, de façon qu'elles soient juste suffisantes pour les boucher, sans encombrer la route de fine poussière.

Pendant le cylindrage nécessaire pour l'agrégation parfaite, il faut répandre une certaine quantité d'eau, variable suivant l'état du temps ; mais de scrupuleuses expériences nous ont convaincu qu'on prodigue l'eau la plupart du temps et que, par les temps pluvieux et sur les chaussées unies, il n'en faut guère et même point du tout.

En Irlande, par les plus sèches journées d'été, il ne faut pas plus de 4 gallons d'eau par yard carré de revêtement (21 lit. 71 par mq.).

Un répandage de graviers d'une épaisseur de 1/8 de pouce environ (3 mm.) aide beaucoup à parachever le revêtement et préserve la chaussée nouvellement rechargée des effets destructeurs de la circulation.

Le prix de revient d'un macadam de 2 pouces 1/2 d'épaisseur (6 cm. 4) varie, suivant les circonstances locales, entre 6 pence et 1 shilling 6 pence par yard carré (0 fr. 72 et 2 fr. 27 par mq.).

Tarmacadam. — Les résultats obtenus avec le tarmacadam dépendent beaucoup de la manière dont a été préparée la pâte de goudron. Il faut prendre soin de faire disparaître du goudron toute l'eau et toutes les essences volatiles et de l'appliquer bouillant sur la pierraille. Il faut aussi que la pierraille soit dure, exempte de toute poussière, parfaitement sèche et chauffée à 100° avant d'être enrobée. Il faut, en même temps, veiller à ce que la pierraille ne soit pas grillée au cours du séchage.

On applique diverses méthodes pour préparer et répandre le tar macadam, en vue d'obtenir un revêtement absolument imperméable et dont toutes les pierres sont agglutinées en une masse homogène.

L'épaisseur totale du revêtement en tarmacadam, après cylindrage à refus, doit être d'environ 4 pouces (10 cm. 2) : on étale d'abord, en couche de 2 pouces 1/2 (6 cm. 4) d'é-

paisseur, des pierres goudronnées de 2 pouces (5 cm. 1) de grosseur, bien cylindrées ; on répand ensuite une seconde couche de 1 pouce (2 cm. 5) d'épaisseur, constituée par des pierres de 1 pouce (2 cm. 5) de grosseur qu'on cylindre comme il faut, également ; on fait ensuite un recouvrement de 1/2 pouce (1 cm. 3) d'épaisseur avec des cailloux de 1/2 pouce de grosseur ; on finit par un cylindrage à refus.

En pratique, il est nécessaire de faire chaque couche un peu plus épaisse, pour qu'elle soit réduite par cylindrage.

Quand on constate quelque humidité dans la fondation, il convient d'étaler une mince couche de pierres goudronnées de 1/2 pouce de grosseur avant de répandre les pierres de 2 pouces.

Six mois après l'établissement du revêtement, lorsqu'il est devenu dur, on peut augmenter sa valeur et sa vitalité par un répandage de goudron chaud, bien poussé au balai dans toutes les aspérités.

Le prix de revient d'un revêtement au tarmacadam établi sur fondation préexistante varie, suivant les circonstances locales, entre 4 et 5 shillings par yard carré (5 fr. 55 et 6 fr. 94 par mq.).

Pavage de pierres. — Il faudrait toujours poser les pavés de pierres sur un lit de béton d'une épaisseur de 6 à 9 pouces (15 cm. 2 à 22 cm. 8) suivant la nature du sous-sol.

Il convient de choisir, pour les pavés, une pierre dure et résistante, qui ne soit pas sujette à devenir glissante par suite du passage des chevaux.

Afin de déterminer la dureté des pierres, la Société de Belfast a imaginé un essai de dureté par choc auquel est soumise toute pierre qu'on se propose d'employer pour le pavage ; on n'accepte pas les pierres dont la déperdition en poussière dépasse une certaine proportion.

Les pavés fournis par adjudication sont également essayés de temps en temps, afin de vérifier si la qualité reste la même.

On a constaté que cette épreuve avait la plus grande utilité pour déterminer la résistance à l'usure des pierres pour pavés et pour macadam. Des observations échelonnées sur une période de plus de cinq ans ont révélé une coïn-

cidence remarquable entre les résultats de l'épreuve et le coefficient d'usure accusé par la pratique.

Les pavés d'échantillon employés à Belfast ont 4 pouces carrés (25 cmq. 80) de parement et 6 pouces (15 cm. 2) de queue ; ils sont soigneusement dressés sur toutes leurs faces, de sorte qu'on peut les poser sur n'importe quelle face ; les pavés doivent être équarris et dressés de façon à avoir les dimensions exactes (4 pouces sur 4) et la tolérance admise pour la hauteur n'est que de 1/4 de pouce (6 mm. 3).

Les pavés de 4 pouces carrés donnent plus de pied aux chevaux que les pavés cubiques et la queue dépassant de 2 pouces l'arête du parement, permet aux pavés de résister beaucoup mieux au déchaussement et raffermit les joints, moins exposés à la rupture.

Les pavés sont posés sur un lit de 1 pouce (2 cm. 5) d'un mastic formé de 4 parties de gravier et 1 partie de ciment ; le même mastic sert au jointoiement. On laisse le mastic de jointoiement prendre pendant 7 jours, avant de livrer la route à la circulation.

Le bombement de la chaussée pavée ne doit pas dépasser 1/50.

Dans certains cas, on jointoie avec un mélange d'asphalte et de goudron. Cette méthode présente cet avantage qu'on peut livrer la route à la circulation dès que les joints sont complètement durcis ; mais, étant donné les différences de qualités dans l'asphalte, on court grand risque de ne pas voir les joints résister à l'usure pendant une longue période.

Le prix de revient d'un pavage en pierre sur fondation de béton s'élève à 15 shillings par yard carré (20 fr. 80 par mq.), et, sans la fondation, à 10 shillings par yard carré (13 fr. 88 par mq.).

Pavage de bois. — Il faut poser les pavés de bois sur un lit de béton, comme les pavés de pierre ; mais, pour le pavage de bois, il faut égaliser parfaitement à l'aide de ciment qui épouse bien la forme de la chaussée ; on pose les pavés de bois directement sur le ciment.

Les dimensions des pavés de bois employés à Belfast sont de $9 \times 4 1/2 \times 3$ pouces ($22^{cm},8 \times 11^{cm}4 \times 7^{cm}6$). Les pavés doivent être en bois parfaitement sec, sans gerçures ni

autres défauts et équarri à la machine. Il convient de tremper les pavés, avant de les poser, jusqu'à une hauteur de 1/2 pouce (1 cm. 3) dans un mélange d'asphalte et de goudron et dans de la créosote, et de ménager le long de chaque bordure de trottoir un intervalle qui permette au bois de se dilater quand la chaussée est mouillée. Le jeu de la dilatation doit être à peu près de 1/90 de la largeur du pavage.

Pour empêcher cet espace de s'emplir de poussière ou de boue, on le bouche avec de la glaise lâche.

Nous avons employé pour le jointoiement soit de l'asphalte soit du ciment et nous avons obtenu d'aussi bons résultats dans les deux cas ; mais il est parfois arrivé que le mélange d'asphalte n'était pas assez dur et que, à la suite des vibrations produites par la circulation, le mastic de jointoiement a coulé par les temps chauds et s'est frayé un chemin sous les pavés, ce qui a eu pour effet d'exhausser certains pavés et de déformer le profil de la chaussée.

L'asphalte présente sur le ciment l'avantage de mieux s'accommoder de la dilatation et de la contraction du pavage de bois ; le joint de ciment n'a plus cette souplesse une fois que la jointure s'est rompue et l'humidité trouve par là le moyen de pénétrer rapidement dans le revêtement. D'autre part, on peut livrer la route à la circulation dès que le jointoiement d'asphalte est refroidi, alors qu'il faut attendre 7 jours pour permettre aux joints de ciment de prendre complètement.

L'expérience nous a montré qu'il est plus difficile de s'arranger de la dilatation et de la contraction des pavés de bois dur (Harri et Jarrah) que de celles du bois tendre (sapin rouge de la Baltique) qui sont moindres.

Le prix de revient, fondation comprise, du pavage de bois est de 17 shillings par yard carré (23 fr. 55 par mq.) avec du bois dur et de 15 shillings par yard carré (20 francs 80 par mq.) avec du bois tendre.

Dallage d'asphalte. — Il doit être établi sur une solide fondation de béton bien étalé afin d'épouser la forme de la chaussée. Pour une circulation intense, il faut un dallage d'asphalte d'une épaisseur de 2 pouces (5 cm. 1) et des précautions doivent être prises, lors du répandage, pour raccorder l'asphalte à celui qui a déjà durci, afin d'ob-

tenir de bons raccords qui ne soient pas sujets à se briser une fois l'ouvrage terminé.

Le prix de revient d'un dallage d'asphalte de 2 pouces s'élève à 15 shillings 6 pence par yard carré (24 fr. 40 par mq.), fondation comprise.

Durabilité des diverses espèces de revêtement. — Il ne faut jamais adopter le macadam ordinaire ou le macadam goudronné pour les chaussée des grandes villes, appelées à desservir la circulation la plus lourde. Mais pour les voies suburbaines et les rues de second ordre à circulation légère, les deux sortes de revêtement pourront très bien convenir.

La durée d'un macadam bien fait et reposant sur une bonne fondation oscille entre 1 et 5 ans, et parfois plus si les circonstances sont favorables, suivant la nature et l'importance de la circulation desservie et suivant les conditions climatériques dans une certaine mesure également.

On peut estimer qu'un macadam goudronné dure 3 fois plus longtemps qu'un macadam ordinaire établi sur une bonne fondation.

Durée des revêtements établis sur fondation de béton avec les meilleurs matériaux et une main-d'œuvre de choix :

GENRE DE REVÊTEMENT	ANNÉES	OBSERVATIONS
Pavage de pierre.	50	Pavés fournis conformément au cahier des charges-type de Belfast : les pavés ont été retournés une fois pendant cette période.
Pavage de bois dur.	12	
Pavage de bois tendre. . .	9	
Asphalte.	14	

Prix de revient de différents genres de revêtement. — Puisque les divers genres de revêtement ont une durée différente, il est nécessaire, pour fixer leur prix de revient de s'arrêter à une période qui permette d'établir une judicieuse comparaison entre les divers revêtements. Nous nous proposons à cet effet d'adopter une période de 50 ans.

Pour les routes de macadam, on peut estimer que, au cours

des 50 années, le coût de l'entretien et du nettoyage augmentera de 50 à 100 0/0 par rapport à ce qu'il est actuellement, en raison de l'accroissement d'usure dû à l'augmentation progressive du nombre et du poids des véhicules circulant sur les routes, et aussi en raison de l'élévation probable du prix de la main-d'œuvre et des matériaux dans l'avenir.

Tableau n° 1

Montrant le prix de revient kilométrique de l'entretien et du nettoyage d'une chaussée en macadam de 24 pieds (7 m. 31) ainsi que le prix de revient par mètre carré, par année, et pour une période de 50 ans :

PRIX de revient actuel par an.		PRIX de revient actuel par an.		PRIX de revient total pour 50 ans sur la même base.		PRIX de revient en supposant un accroissement de 75 0/0 pendant les 50 années.	
Par yard carré	Par mq.	Par mille.	Par kil.	Par mille.	Par kil.	Par mille.	Par kil.
Shill. Pence.	Fr. C.	Livres. Sh. P.	Francs.	£ Sh. P.	Francs.	£ Sh. P.	Francs.
2. 0	2.77	1.408. 0.0	22.070	70.400. 0.0	110.350	96.800. 0.0	151.728
1.11	2.68	1.349. 6.8	21.150	67.468.13.4	105.750	92.769. 8.4	145.406
1.10	2.57	1.290.13.4	20.230	64.533. 6.8	101.150	88.733. 6.8	139.084
1. 9	2.47	1.232. 0.0	19.310	61.600. 0.0	96.550	84.700. 0.0	132.762
1. 8	2.35	1.173. 0.0	18.390	58.650. 0.0	91.950	80.643.15.0	126.440
1. 7	2.23	1.114.13.4	17.470	55.733. 6.8	87.350	76.633. 6.8	120.118
1. 6	2.11	1.056. 0.0	16.550	52.800. 0.0	82.750	72.600. 0 0	113.796
1. 5	1.99	997. 6.8	15.630	49.866.13.4	78.150	68.566.13.4	107.474
1. 4	1.88	938.13.4	14.710	46.933. 6.8	73.550	64.533. 6.8	101.152
1. 3	1.76	880. 0.0	13.790	44.000. 0.0	68.950	60.500 0.0	94.830
1. 2	1.64	821. 6.8	12.870	41.066.13.4	64.550	56.466.13.4	88.508
1. 1	1.52	762.13.4	11.950	38.133. 6.8	59.750	52.433. 6.8	82.186
1. 0	1.38	704. 0.0	11.030	35.200. 0.0	55.150	48.400. 0.0	75.864
0.11	1.29	645. 6.8	10.110	32.266.13.4	50.550	44 366.13.4	69.542
0.10	1.18	586.13.4	9.190	29.333. 6.8	45.950	40.333. 6.8	63.220

Pour étudier les conséquences qu'entraîne le changement d'un revêtement de macadam en un revêtement qui convienne à une circulation lourde, il faut tenir compte de deux facteurs : 1° les frais de premier établissement du nouveau revêtement ; 2° l'augmentation des frais d'entretien et de nettoyage du macadam, si l'on ne faisait pas de changement.

En ce qui concerne la quantité de poussière produite par les différents genres de revêtement, il ne fait pas de doute que le dallage d'asphalte est celui qui en engendre le moins.

Il s'en forme très peu également sur un bon pavage de pierre, et beaucoup, au contraire, par moments sur un pavage de bois, en raison de l'obligation où l'on se trouve de faire un recouvrement de sable ou de graviers.

Quant à la résistance à l'usure dont est capable le pavage de pierre, on en juge par la durée du pavage sur les grandes artères qui desservent la circulation la plus intense et dont quelques-unes remontent à 40 ans. Nous désirons cependant insister sur la nécessité de se procurer des pavés en pierre très dure, soigneusement dressés, posés par des ouvriers exercés et jointoyés avec des substances de qualité supérieure. Les carrières dont on peut extraire des matériaux de cette valeur sont fort peu nombreuses et il convient de sélectionner soigneusement les pavés.

Sans aucun doute, le reproche grave qu'on peut adresser à ce genre de revêtement, c'est qu'il est bruyant ; toutefois, il l'est beaucoup moins avec des véhicules à traction mécanique. On ne s'en aperçoit pas du tout avec des automobiles légères ; il n'y a que dans le cas d'automobiles de la catégorie des poids lourds que des plaintes peuvent s'élever ; encore ce genre de circulation est-il loin de faire autant de bruit que certaines sortes de voitures à traction de chevaux.

Avec les progrès qu'on fait dans l'art de la construction des poids lourds, les fabricants d'automobiles s'efforçant tous de réaliser cette amélioration, arriveront certainement à triompher de cet inconvénient : ce sera dans leur intérêt, car ils réduiront ainsi l'usure résultant des vibrations des divers éléments du véhicule, et ce sera aussi dans l'intérêt du public en général.

Dans 20 ans d'ici, combien passera-t-il de chevaux dans nos rues ? A en juger par la rapidité avec laquelle les automobiles de différentes espèces ont surgi et remplacé les anciens modes de traction, il n'y a guère de doute que, en 1930 la traction à chevaux aura fait place à la traction mécanique dans une très large mesure.

Il nous faut construire nos routes en vue de la traction mécanique, et les mettre à même de supporter des charges plus lourdes et de résister à l'usure résultant de véhicules plus rapides. Essayer de conserver les revêtements actuels

qui ne peuvent plus convenir dans les grandes villes aux nouveaux modes de locomotion, ce serait s'exposer à un désastre.

Il n'est pas douteux que certaines villes où les ressources sont abondantes, peuvent s'octroyer le bénéfice de revêtements unis et silencieux, sans regarder aux frais supplémentaires qui en résultent; mais, dans d'autres villes moins bien dotées, le problème à discuter et à résoudre est celui de savoir comment réaliser pratiquement cette amélioration sans un surcroît de dépenses tel qu'il serait impossible d'y songer dans bien des cas.

Ce problème semble n'admettre qu'une solution pour le moment, qui est l'adoption d'un pavage en pierre très solide et bien fait. En tenant compte de ses avantages sous le rapport de la facilité d'établissement, de l'économie et de la salubrité, nous osons croire que, grâce aux progrès de la construction des automobiles, ce mode de revêtement deviendra de plus en plus celui de l'avenir pour les grandes villes de manufactures et pour les autres centres industriels.

Hector F. GULLAN

(Trad. Blaevoet)

65676. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Tableau N° 2. TABLEAU COMPARATIF

montrant le coût de l'entretien et du nettoyage de divers revêtements par mille et par kilomètre pour une période de 50 ans, les charges d'amortissement et d'intérêt du capital de premier établissement, ainsi que les dépenses occasionnées par les réfections nécessaires au cours des 50 années.

GENRE DE REVÊTEMENT	FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT						ENTRETIEN				NETTOYAGE				RÉFECTIONS			COUT TOTAL POUR 50 ANNÉES		OBSERVATIONS
	Frais d'établissement y compris la fondation		Intérêts et amortissement annuels à 3 1/2 % pendant la période d'amortissement (a)		Intérêts et amortissement par an à 3 1/2 %		Coût annuel moyen		Coût pour 50 années		Coût annuel moyen		Coût pour 50 années		Nombre durant la période	Frais pour 50 années				
	Par yard carré	Par m. q.	Par yard carré	Par m. q.	Pour un mille	Pour un kilom.	Par yard carré	Par m. q.	Par mille	Par kilom.	Par yard carré	Par m. q.	Par mille	Par kilom.		Par mille	Par kilom.	Par mille	Par kilom.	
	£ P.	fr. c.	Pence	cent.	£	Fr.	Pence	cent.	£	Fr.	Pence	cent.	£	Fr.		£	Fr.	£	Fr.	
Pavage de pierre	15.0	20.80	12.66	14.95	14.854	232.682	0.5	55	1.466	22.972	3.5	4.10	10.267	160.884	* 1	1.760	27.579	28.347	444.117	(a) Intérêts et amortissement d'un emprunt à 3 1/2 % pendant 20 ans. * Pavés arrachés et retournés.
Pavage de bois dur	17.0	23.55	24.52	28.93	14.385	225.956	4	47	11.735	183.856	4.5	5.28	13.200	206.844	3	25.344	397.140	64.662	1.013.796	(a) Intérêts et amortissement d'un emprunt 3 1/2 % pendant 10 ans.
Pavage de bois tendre	15.0	20.80	29.43	34.72	12.086	189.322	4	47	11.735	183.856	4.5	5.28	13.200	206.844	4 1/2	31.680	496.426	68.699	1.076.448	Id. pendant 7 ans.
Dallage d'asphalte	15.0	20.80	21.64	25.53	12.695	198.862	⊛ 9 et 12	106 et 141	22.176	347.498	3.0	3.54	8.800	137.896	2 1/2	17.600	275.790	61.271	960.046	Id. pendant 10 ans. ⊛ Frais d'entretien nuls pendant les 3 premières années, s'élevant à 9 pence pendant les 7 suivantes et 1 sh. pendant les 4 dernières années.

A l'expiration de la période de 50 ans, la fondation de béton sera encore intacte et les pavés de pierre vaudront encore la peine, au prix actuel (£ 2.816 = 70.400 fr.) d'être dressés et replacés.

A titre de renseignement, il y a lieu de noter qu'en Grande-Bretagne, le "Local Government Board" accorde aux municipalités la permission de faire des emprunts en vue des frais de premier établissement des divers revêtements, avec périodes d'amortissement d'une durée variant suivant le genre de revêtement : ces périodes ont été adoptées dans le tableau ci-dessus.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

ÉDOUARD FOCK
Ingénieur en chef de la Municipalité de Budapest
et
BÉLA MENCZER
Ingénieur en chef de la Société Anonyme
des Asphaltes hongrois

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN DES ROUTES DANS LES GRANDES VILLES

Choix du mode de revêtement

INTRODUCTION

Une des questions les plus importantes qui préoccupent les Administrations municipales des grandes villes est, sans aucun doute, la construction et l'entretien des voies publiques. Il est incontestable que la juste solution de cette question a une influence capitale sur le développement rationnel des villes.

Les moyens permettant d'assurer et de faciliter la circulation sur les voies publiques, constituent une garantie pour les intérêts du commerce et de l'industrie. De plus, le juste choix et la construction rationnelle des voies publiques contribuent à assurer l'hygiène publique et concourent intensivement à l'embellissement des villes.

Dans le but de trouver une solution convenable, sous tous les rapports, il est nécessaire que l'Ingénieur chargé des travaux tienne compte de la solidité du sol, du profil longitudinal, ainsi que des exigences du trafic.

Il est tout naturel que les frais de construction et d'entretien aient une grande influence sur la décision que cet Ingénieur prendra, car ces articles du budget communal imposent de grands sacrifices aux contribuables. Malgré tout, on ne saurait sacrifier à ces considérations les exigences précitées. En outre, il serait convenable, lors de la construction des routes, de s'adresser pour les travaux à l'industrie locale, même quand ce serait au préjudice du prix de revient.

L'administration des voies publiques en Hongrie

Nous constatons avec le plus grand plaisir que les autorités hongroises ont pleinement rempli leur tâche en ce qui concerne la construction des voies publiques, et c'est à leur activité bien comprise, ainsi qu'à l'empressement des contribuables, que nous devons les progrès considérables réalisés au cours de ces vingt dernières années.

Toutefois, il est indubitable que les règlements actuels empêchent, en quelque sorte, le juste développement des voies publiques, car le budget communal étant fixe d'année en année, le programme de la construction et de l'entretien des voies publiques doit forcément s'y conformer.

Dans sa communication, publiée en 1907-1908, dans le journal *Communale Rundschau*, sous le titre : « Der städtische Pflasterwirtschaftsplän » (Economie des voies publiques urbaines), M. Voss, Conseiller technique à Eberfeld, relève aussi cet inconvénient et insiste sur la nécessité d'exécuter la construction des voies publiques d'après un programme établi pour une longue durée.

A ce sujet, la capitale de Budapest vient de donner un excellent exemple aux autres communes du pays, en contractant, en 1904, un emprunt de 20 millions de couronnes, destiné à la construction de voies nouvelles et à l'amélioration des anciennes, pour une période de dix ans.

En outre, l'Administration publique commet encore une faute en assurant l'exécution des travaux par des adjudications *annuelles*. Il serait plus avantageux de faire des adjudications publiques pour une durée de cinq ans, ainsi qu'on procède à Paris. On éviterait, de la sorte, bien des travaux administratifs inutiles, et l'on réaliserait certainement de grandes économies.

Matériaux de construction et de revêtement

Le matériau le plus répandu en Hongrie, comme partout d'ailleurs, est la pierre sous toutes ses formes : macadam, pavage, et, en ces dernières années, le petit pavé.

Pour la pierre, les chantiers d'extraction les plus importants sont les carrières de basalte de Korlát, Fülek et Somosuj-

falu, au nord-est ; celles d'Alsórákos, au sud-est ; les carrières de quartz porphyre de Kissebes, à l'est ; les gisements de trachite de Szob et Dunabogdány, au nord-ouest, et enfin les carrières de Zsidóvár, au sud, qui fournissent du granit. Tous ces gisements sont très riches et pourvus d'une organisation permettant de livrer de grandes masses à la consommation.

Outre ces grands gisements, la Hongrie possède de nombreuses petites carrières disséminées dans tout le pays, et qui fournissent des matériaux convenables en quantité suffisante pour faire face aux besoins.

L'asphalte tient la seconde place parmi les matériaux employés pour le revêtement des voies publiques. Ceci s'explique par l'absence de carrières de pierre dans les plaines de Hongrie et par le manque de canaux navigables, moyen de transport avantageux pour les masses pondéreuses.

La presque totalité de l'asphalte employé en Hongrie provient des riches et importants gisements de Felsöderna et Tataros, à l'est ; ces gisements contiennent du sable de quartz à teneur de bitume, que l'on extrait pour le livrer au commerce sous la forme de bitume pur d'asphalte coulé ou laminé.

Outre les matériaux indigènes, on importe les pierres calcaires bitumineuses du Val de Travers et de la Sicile, tandis que l'asphalte coulé se fait avec du bitume de Trinidad.

Nous devons mentionner une spécialité hongroise pour la construction des routes ; ce sont les briques céramiques, fabriquées à une température de 1 400° avec des argiles réfractaires, et dont la résistance à la pression est extrêmement grande, atteignant à peu près 4 000 kilogrammes par c. mètre carré. Ces briques sont connues dans le commerce sous la dénomination de *kéramit.*

Elles sont fabriquées principalement par deux grandes usines à Budapest, tandis que deux autres petites fabriques de province fournissent seulement des matériaux pour la construction des trottoirs.

Le pavé de bois n'est employé que dans la capitale, car les résultats peu favorables obtenus n'ont pas engagé les villes de province à l'adopter.

Pour ce mode de pavage, on n'a employé jusqu'ici, en Hongrie, que le sapin ; un essai tenté avec du mélèze est trop récent pour que nous puissions en juger définitivement.

Différents modes de revêtement

1. *Voies macadamisées.* — En principe, nous pouvons constater que, dans les grandes villes, les voies macadamisées ne sauraient constituer une solution définitive. Leur emploi n'est justifié que dans les cas où la régularisation de certains quartiers ne serait pas encore terminée, et on ne doit se servir de ce système qu'à titre provisoire ou bien comme fondation d'une voie destinée à être terminée plus tard. On peut aussi admettre les voies macadamisées pour les rampes extraordinaires ou dans les bois, parcs, pistes, etc., mais on ne saurait les accepter, sans fondation, que dans le cas exceptionnel mentionné plus haut, c'est-à-dire à titre de fondation pour une route future. En Hongrie, ce principe a toujours été observé en ces derniers temps.

Comme matières d'agrégation et pour assurer la liaison des pierrailles, on doit employer les débris du concassage et les débris des carrières.

Le prix moyen de revient par mètre carré s'élève à 5 couronnes (5 fr. 25), avec une fondation quelconque et empierrement de basalte. En regard de ce prix, relativement bon marché en comparaison de celui des autres modes de revêtement, le prix de l'entretien est si disproportionné qu'on ne saurait, si l'on procède rationnellement, l'imposer aux communes, car ces prix varient de 0,50 à 1 cour. 50 par mètre carré annuellement. Ce désavantage pécuniaire suffirait, à lui seul, à justifier la réduction des voies macadamisées au minimum. Il est à noter, en outre, que la voie macadamisée exige un bombement fort désavantageux pour la circulation. En effet, pour éviter l'infiltration des eaux, il y a lieu d'adopter un bombement de 5 p. 100. Toutefois, en Hongrie, nous le réduisons à 3 p. 100 en considération du climat : autrement, la circulation deviendrait dangereuse en hiver.

Par contre, il faut mentionner que les voies macadamisées offrent une résistance suffisante, même avec les plus grandes rampes admises, aux efforts des animaux de trait, et que le bruit des véhicules est considérablement atténué.

Dans tous les pays, il y a une tendance générale à améliorer les voies macadamisées en les imprégnant de substances bitumineuses, soit par un arrosage superficiel, soit par une incorporation intime.

La Hongrie a aussi pris part à des essais de ce genre, mais les résultats obtenus jusqu'à maintenant ne permettent pas encore de prononcer un jugement définitif.

Il semble toutefois que le goudronnage permet de lutter avec succès contre la production de la poussière et de la boue, et qu'il contribue à empêcher les infiltrations d'eau, facteur de la désagrégation des pierrailles.

En 1908, le premier Congrès International de la Route a émis le vœu suivant : « Il serait désirable de continuer les essais de goudronnage de la façon la plus intense ». Nous sommes aussi de cet avis.

Pavages. — Pavés cubiques

Pour la construction des voies pavées, il y aurait lieu d'observer les principes fondamentaux suivants :

1° N'employer que des matières de tout premier ordre, soit basalte, diorite, granit, etc.

2° Le pavage en pavés cubiques nécessite absolument une fondation de pierrailles de 16 centimètres d'épaisseur passée au rouleau compresseur, même si le sol est assez solide. Si la route est construite sur un terrain nouvellement remblayé où l'on doit s'attendre à un affaissement, il est indispensable d'établir, sous la couche de pierrailles, une fondation dite de blocage. Immédiatement sous les pavés, on doit établir une couche de gravier de 6 à 8 centimètres d'épaisseur, dans laquelle on fera pénétrer les pavés cubiques à l'aide de pilons.

Nous ne saurions partager l'opinion émise par le Congrès de Paris au sujet de la couche de béton à établir sous les pavés, car ce système enlève au pavage toute élasticité et cause des difficultés lorsqu'il est nécessaire de mettre à jour les conduites souterraines.

Les dimensions des pavés employés généralement en Hongrie sont les suivantes :

a) Cubes réguliers, 18-18-18 centimètres ;

b) 3/4 de cubes, 18-18 et 13 à 14 d'épaisseur ;

c) Pyramides tronquées, dont la plus grande base a 18-18 tandis que la plus petite est des 2/3 de la première et la hauteur de 13 à 14 centimètres.

En ce qui concerne la mise en place, nous ne saurions recom-

mander que le système des ranges placées obliquement à l'axe de la route.

L'observation suivante motive notre opinion : dans la mise en place des ranges perpendiculaires à l'axe, les roues des véhicules et les fers des animaux de trait attaquent le pavé sur toute la longueur des bords de chaque pavé, tandis qu'avec le système oblique, cette attaque n'a lieu que sur un point et l'ébrèchement des pavés est ainsi sensiblement diminué. Le remplissage des interstices à l'aide de ciment a été employé à plusieurs reprises, mais les résultats obtenus n'étant pas en rapport avec le prix de revient, nous ne pensons pas devoir le recommander. Le remplissage au moyen de sable de quartz pur et lavé a donné des résultats satisfaisants. Quant au remplissage par l'asphalte, bien que nous ne l'ayons point employé en Hongrie, nous le recommandons chaleureusement, malgré l'augmentation du prix de revient. Nous puisons cette opinion dans les expériences faites dans d'autres pays.

Prix de revient de ces pavages

Cubes réguliers par mq	21.30	Cour.
— 3/4 —	17.40	—
Pyramides tronquées —	16	—

Ces prix de revient comprennent généralement une garantie gratuite de six années ; le coût de l'entretien, pour les quatorze années suivantes, est de 0,2 à 0,4 couronne par an et par mètre carré.

Le petit pavé

Une des conditions fondamentales de l'établissement rationnel du petit pavage est l'emploi d'une fondation de pierrailles d'une épaisseur minimum de 16 centimètres passée au rouleau compresseur, et dans le cas où le sol est nouvellement remblayé, une sous-fondation de béton de 15 centimètres ou de blocage de même épaisseur.

Pour éviter tout glissement latéral, il est indispensable de border le petit pavé de pierres appropriées à ce but, de les faire entrer de 10 centimètres sous la fondation, enfin de remplir les interstices de mortier de ciment.

Etant donnés les résultats satisfaisants obtenus en Hongrie pendant six années consécutives par le petit pavage, nous le jugeons tout spécialement apte à remplacer le macadamisage dans les grandes villes, en supposant toutefois adopté l'emploi du mode de construction que nous venons d'indiquer.

Comme matériaux pour les petits pavés, on ne doit employer que les pierres de qualité supérieure pouvant facilement se trancher.

Le prix de revient d'un mètre carré de petit pavage s'élève, en moyenne, à 7 couronnes, auquel il convient d'ajouter le prix de la fondation et de la bordure. Il est d'usage d'établir ces prix avec une garantie gratuite de cinq ans ; pour les frais d'entretien dépassant ce délai, nous ne possédons pas encore assez de données.

Voies en asphalte

En Hongrie, les conditions de la construction des rues en asphalte sont tout autres que dans les autres pays. En effet, tandis qu'à l'étranger, on emploie surtout la roche calcaire bitumineuse, la Hongrie possède, à Felsöderne et à Tataros, de très riches gisements de sable de quartz à forte teneur de bitume pur. On extrait le bitume par des procédés industriels et on l'introduit ensuite dans le commerce sous forme d'asphalte laminé, d'asphalte coulé et de bitume pur.

Il est incontestable que l'asphalte comprimé est le plus résistant à l'usure, mais il a le grave inconvénient d'être très glissant, inconvénient que l'asphalte laminé et l'asphalte coulé n'ont pas, et c'est à cet avantage que nous devons attribuer l'emploi de ces derniers, très répandus dans tout le pays ; ainsi les 4/5 des routes sont construites à l'aide d'asphalte coulé et laminé.

En général, la fondation en béton des voies asphaltées doit avoir une épaisseur de 15 centimètres, que l'on peut réduire à 10 centimètres au cas où le trafic n'est pas important et le sol convenable. Quant à l'asphalte même, on admet généralement, suivant les exigences du trafic, une épaisseur de 4 à 5 centimètres.

Pour ce mode de revêtement, il convient d'observer les règles suivantes :

Le mastic doit être fabriqué avec du bitume pur et naturel, à l'exclusion de toutes sortes d'imitations.

Pour déterminer le degré de dureté, qui est en même temps la caractéristique de la résistance à la chaleur, on emploie alternativement les appareils de MM. Dow et Kremer-Sarnow. A l'aide de l'appareil de Dow, la pénétration moyenne doit être 40, tandis que le résultat de l'examen au Kremer-Sarnow doit donner 52.

L'asphalte mis en place doit contenir de 9 à 11 p. 100 de bitume pur, entièrement soluble dans le sulfite de carbone. Dans les endroits très exposés au soleil, il est préférable de n'adopter que 9 p. 100.

La farine calcaire employée pour l'asphalte coulé doit contenir au moins 96 p. 100 de $CaCO_2$ et provenir d'une pierre calcaire dure et d'agglomération coquilleuse ; cette farine moulue devra laisser 52 p. 100 sur un tamis à 5 000 mailles.

Pour l'asphalte laminé (asphalte américain), ces règles changent de la façon suivante :

L'asphalte doit contenir de 10 à 12 p. 100 de bitume entièrement soluble dans le sulfite de carbone, puis 20 à 21 p. 100 de minerais solubles dans l'acide chlorhydrique, de 70 à 67 p. 100 de minerais insolubles dans l'acide chlorhydrique. La farine de calcaire moulue ne doit pas laisser plus de 15 p. 100 sur un tamis de 5 000 mailles.

La couche de liaison, composée de cailloux aigus de la grosseur de petits pois, devra avoir une épaisseur de 15 à 20 millimètres.

L'asphalte comprimé doit contenir de 8 à 10 p. 100 de bitume pur soluble dans le sulfite de carbone.

Pour l'exécution des travaux d'asphalte sur les chaussées publiques, on devrait toujours éviter l'emploi de chaudières à ciel ouvert.

La température des différentes espèces d'asphalte, au moment de la mise en place, est :

200°	Centigrade	pour l'asphalte	coulé
170°	—	—	laminé
140°	—	—	comprimé

Prix de revient comprenant l'entretien gratuit pendant six ans :

Asphalte	coulé de	4 cm.	d'épaisseur	sur 15 cm.	de béton	11 cour.
—	—	5	—	—	—	12 —
	laminé	—	—	—	—	11 —
—	comprimé	4	—	—	—	12 —
—	—	5	—	—	—	14 —

Les entrepreneurs assurent généralement l'entretien gratuitement pendant une période de six ans ; passé ce délai, ils se chargent de l'entretien pendant une durée de quatorze à vingt ans, au prix de 0,28 à 0,40 couronne par mètre carré et par an.

Les revêtements en asphalte conviennent le mieux pour l'intérieur des villes et sont, en conséquence, des plus répandus en Hongrie, où ils jouissent de la préférence du public ; leurs avantages sont les suivants : le bruit produit par les véhicules est fortement atténué, le nettoyage est facile et permet de réaliser de grandes économies, le trafic est facilité, enfin le revêtement en asphalte présente un bel aspect et est très hygiénique.

Nous constatons qu'il y a lieu, en principe, d'éviter l'emploi de l'asphalte pour les chaussées dont la déclivité dépasse 3 p. 100.

Pavage de "kéramit"

Cette sorte de pavage exige une fondation en béton de 15 centimètres d'épaisseur pour les chaussées où la circulation est intense, et de 10 centimètres pour celles où le trafic est de moindre importance.

On pose les briques de « kéramit » de 20-10-8 centimètres sur une couche de sable graveleux de 2 centimètres d'épaisseur ; elles sont placées obliquement à l'axe et dans le sens de leur hauteur de 8 centimètres ; les interstices sont remplis à l'aide d'une composition de goudron. Le remplissage au moyen de mortier de ciment ne saurait être recommandé.

Ce pavage, mis en place sur un béton de 10 centimètres, revient à 13,30 couronnes par mètre carré, et sur 15 centimètres de béton à 14,30, y compris une garantie gratuite de six ans.

Les entrepreneurs se chargent généralement de l'entretien de ce pavage au delà du délai de garantie de six ans, pour une

période de quatorze à vingt ans, aux prix de 0,24 à 0,40 couronne par mètre carré et par an. Toutefois, nous ne saurions recommander ce pavage que pour les voies ayant un trafic peu important.

Bien qu'il ait un très bel aspect et qu'il satisfasse entièrement aux exigences de l'hygiène, le public ne l'aime pas beaucoup ; il est trop rigide et manque absolument d'élasticité ; le public souffre considérablement du bruit causé par le roulement des voitures, tandis que les animaux de trait se ressentent fortement de cette rigidité qui les fatigue beaucoup.

Pavage en bois

On pose le pavage en bois sur une fondation en béton de 15 centimètres d'épaisseur.

La hauteur des cubes est de 8 à 10 centimètres, avec des interstices de 4 à 5 millimètres ; ils sont mis en place obliquement à l'axe.

Pour le remplissage des interstices, on emploie des lattes dites de calage, et une composition de goudron.

Ce pavage n'est employé qu'à Budapest, dans quelques quartiers luxueux, et principalement devant les écoles et les églises. Les résultats obtenus sont absolument défavorables, de sorte qu'il ne semble avoir aucun avenir.

Le prix de revient, avec une garantie gratuite maximum de trois ans, est de 15 couronnes par mètre carré.

Après trois années d'usage, le pavage exige un entretien permanent. Ces travaux continuels chargent le budget communal d'une façon insoutenable et sont, en outre, des plus désagréables au public que la fumée des chaudières et l'odeur du goudron incommode fortement, surtout en été. En présence des expériences faites à Budapest nous ne saurions en recommander l'emploi.

Ces résultats extraordinairement défavorables, en comparaison de ceux obtenus dans les grandes villes des autres pays, peuvent être expliqués par le ferrage différent des chevaux.

Outre les modes de revêtement dont nous avons parlé, on a essayé, en Hongrie, d'autres systèmes : béton, pierre artificielle, etc. ; mais le peu d'importance de ces essais ne nous engage point à entrer dans les détails.

Influence des rails de tramways sur les revêtements

Il est de notoriété publique que l'entretien des revêtements de toutes sortes, le long des rails de tramways, est bien plus difficile que dans les autres parties des mêmes voies. Ces difficultés s'expliquent très naturellement. En effet, les vibrations continuelles des rails produisent des fissures par lesquelles l'eau pénètre dans le sol et désagrège les revêtements. Les revêtements d'asphalte souffrent le plus de ces effets dynamiques des rails. Dans toutes les grandes villes de Hongrie, nous avons fait de très sérieux essais dans le but de consolider les rails et de déterminer la façon dont se comportent les différents modes de revêtement auprès d'eux. Comme conclusion de ces études, nous pouvons déclarer que la condition essentielle de la résistance des revêtements, consiste dans la bonne et solide fondation des rails mêmes, et que la meilleure solution de cette question comporte l'emploi, le long de chaque rail, d'une bordure formée de deux rangs de pavés oblongs de bois de pins australiens, connus dans le commerce sous le nom de « tallowood ».

Cette bordure coûte, par mètre carré, 32 couronnes environ. Quel que soit le mode de revêtement employé le long des rails, son entretien exige toujours les plus grands soins.

CONCLUSIONS

Par ce court exposé approprié aux circonstances de notre pays, nous avons cherché, dans la mesure de nos moyens, à faciliter la tâche de ceux de nos collègues qui ont à choisir un mode de revêtement.

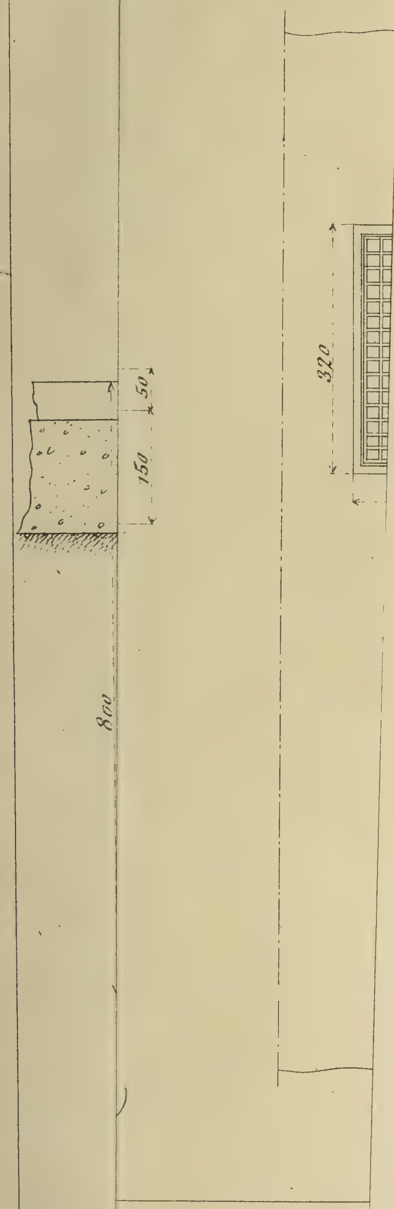
Nous avons, au cours de ce rapport, dégagé nos conclusions à la fin de chaque chapitre, aussi bien au point de vue administratif qu'au point de vue technique, et nous avons l'honneur de présenter ces conclusions à titre de propositions.

En résumé, nous déclarons que tout revêtement ne saurait être utile au public que s'il est approprié aux exigences locales, et qu'aucune ville ne peut être assez riche pour se permettre le luxe d'adopter un mode de revêtement mal approprié ou de valeur inférieure.

Édouard FOCK, Béla MENCZER.

65614. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

S EN PAVÉS



FONDATION DES RAILS ET DISPOSITION DES BORDURES EN PAVÉS DE BOIS

1,435

35 270 762 200 70 36 70 200

Revêtement en asphalte

50 50 150 150 155 150 335 170 800 345 80

Béton

Maçonnerie

130

700

Béton

Mastic asphalte

Béton

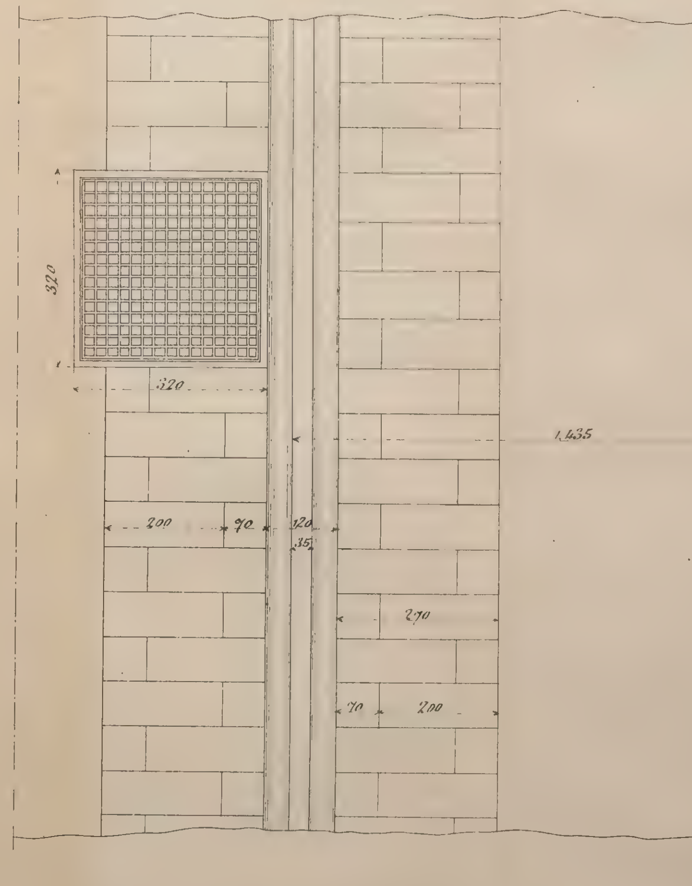
300

400

140

210

210 70 120 70 210



Echelle de 0^m10 par mètre (1/10)

Fock-Menezer, 5e q.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR
PAOLO CATTANEO
Ingénieur de la Municipalité de Milan
Directeur du Service de Pavage et d'Entretien

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

LE PAVAGE EN PIERRE EN ITALIE

Les pavages en pierre universellement adoptés en Italie, depuis longtemps, tiennent, encore aujourd'hui, victorieusement pied aux innovations modernes.

D'ailleurs, l'abondance des pierres généralement excellentes, le bas prix de la main-d'œuvre et les bons résultats obtenus, fruits de soins incessants et de l'expérience, contribuent, avec raison, à garder aux pavages en pierre la faveur des techniciens et du public. Mais à l'heure actuelle où les considérations financières sont d'accord avec les idées d'hygiène, d'autres systèmes ont été adoptés et, même en Italie, dans les grandes villes, les techniciens ont soumis au jugement du public les meilleurs procédés que les gens d'étude, ici et à l'étranger, ont imaginés.

Cependant, il n'est pas à supposer que l'expérience ou les qualités reconnues de ces différents systèmes puissent rendre absolument facile le choix du mode de pavage, puisque les exigences locales de la viabilité, de l'hygiène, de l'économie, de la commodité et de la pente de la rue, sont toujours si compliquées que le technicien même se trouve parfois embarrassé.

Le chemin réservé au roulage une fois débarrassé de toutes les canalisations d'eau, de gaz, etc., lesquelles sont, en général, dans le sous-sol, on devra faire le choix du mode de pavage, examiner si la rue est pourvue ou non de rails de tramway.

Quand il n'y a pas de rails, pourvu que la pente longitudinale ne dépasse pas 2 p. 100, le pavage en asphalte comprimé est généralement le mieux indiqué. Il est évident qu'il faut excepter les rues fréquentées par de fortes et lourdes voitures, d'où, d'après la destination qu'on veut leur donner (c'est-à-dire le camionnage au chemin de fer ou aux ports maritimes), la chaussée doit permettre de pouvoir changer les chevaux, les arrêter

et les faire repartir sans danger de chute : au reste, ce sont des quartiers pour lesquels l'absence de bruit n'a pas d'importance, et en ce cas, mieux vaut un pavage tout en pierre.

Si la pente de la rue dépasse 2 p. 100, le choix doit porter sur le pavage en granit, moins glissant et d'une plus grande durée.

Il est bien difficile de faire cadrer ces obligations avec les nécessités économiques ; en effet, si le prix d'un pavage en asphalte diffère peu d'une ville à une autre en Italie, par contre (sans parler des frais de transport par chemin de fer depuis le centre des carrieres jusqu'aux endroits voulus), les prix des pavages changent beaucoup et ce dans une même ville, selon la qualité des pierres. Il va sans dire qu'on ne pourrait établir aucune comparaison sans tenir compte des frais nécessaires pour un entretien, en tenant compte de la durée du pavage.

Quoique le pavé en pierre ait plus de résistance que le pavage en asphalte, par des raisons de situation et d'hygiène, il est juste de reconnaître les avantages incontestables d'un bon pavage en asphalte comprimé.

Le pavage des rues pourvues de rails de tramways présente, au contraire, les plus graves et les plus sérieuses difficultés, pour le choix d'un procédé.

D'abord la construction de la fondation nécessite l'interruption du service des tramways ; la possibilité de pouvoir faire le travail en maintenant la circulation ne peut être prise au sérieux, car on travaillerait toujours au milieu de l'incertitude ; au surplus, pourrait-on le faire qu'il y aurait une telle augmentation de frais que l'on ne pourrait s'y engager sans justifications spéciales.

De là découle une raison pour choisir entre un pavage sans fondation ou avec fondation. On peut faire les pavages sans fondation, et une fois que les travaux sont bien répartis en différentes sections, l'exécution n'est pas excessivement gênante pour le public.

Dans cet ordre d'idées, le choix devrait tomber sur le pavage en pierre naturelle bien soigné au point de vue du travail et de la pose des pavés (masselli).

Mais, lorsqu'on veut paver une rue et changer en même temps

les rails, on doit, pour de justes raisons bien reconnues, interrompre la circulation des tramways et du public.

Dans le cas où un bon sous-sol assure une plus longue durée et une exécution plus rapide, il peut être préférable de choisir un autre pavage que celui en pierre.

Entrent alors en cause, pour le choix d'un procédé, *l'importance de la circulation et la largeur de la chaussée réservée aux voitures.*

Si la circulation est fréquente, mais légère, le pavage en asphalte sera préférable et ce, plus encore si la largeur de la rue permet le passage d'une voiture à côté du tramway. Ainsi est écarté l'inconvénient de voir la circulation des voitures tentée de longer de trop près les rails du tramway, en augmentant les causes de détérioration des rues .

Si la largeur était beaucoup plus faible, un pavage en bois dur d'Australie sera préférable.

Les pierres pour pavage.

Les différentes pierres employées dans l'Italie du Nord, pour le pavage, sont spécialement :

Le granit S. Fedelino, extrait dans la province de Sondrio : roche extrêmement compacte et tenace, avec abondance de quartz et d'une structure qui la rend résistante au bris de ses angles.

La sienite de la Balma, que l'on extrait près de Biella : c'est une roche compacte qui tient au granit.

Le porphyre de Valganna, variété à gros grains des porphyres rouges, quartzifères, extrait dans la province de Côme et remarquable par ses aspérités et sa porosité dues à une structure mi-arolithique et à des phénomènes de kaolinisation.

L'arenaria de Levanto, à grains fins et homogènes, extraite dans les Appennins, en même temps que la *serpentina de Varenna.*

Dans les parties centrales et méridionales d'Italie, les *granits de la Maddalena et les basaltes.*

Quelques-unes des pierres indiquées ci-dessus, essayées au laboratoire, ont donné les résultats suivants :

	Poids par mc. kg.	Capacité hydr. par dmc. gramm.	Résistance à la rupture en kg par dmc	Indice d'usure $j = 0.0212 \frac{H}{K}$
Granit blanc de S. Fedelino. .	2620	1,29	1480	0,000264548
Granit gris de S. Fedelino . .	2590	1,46	995	0,000240360
Porphyre de Valganna	2570	1,30	1340	0,000255640
Sienite de la Balma	2730	1,41	1300	0,000337700
Granit de Montorfano. . . .	2630	1,34	1100	0,000054040
Basalte de Lonigo	2980	1.08	1180	0,000377680
Arenaria de Levanto	2640	14,30	890	0,000436720
Serpentino di Cogoleto	2960	7.51	900	0,001102400
Arenaria de Oggiono	2640	31,58	950	0,001102400
Trachite de Monselice.	2270	44,80	750	0,001235960

N.-B. — La surface de frottement des échantillons était de 200.049 m.; la pression de 2500 kg. par m²., le nombre des tours de la meule de 1000; h. la hauteur dont l'échantillon s'usa; kles kilos de sable siliceux consommés pendant l'essai.

Les dimensions adoptées pour les pavés (masselli) changent d'une ville à l'autre, tout en conservant à chaque pavé des limites pouvant donner une surface qui s'approche de m² 0,20 ; les principes suivis dans la pose ne varient que par l'angle d'inclinaison des rampes par rapport à l'axe longitudinal de la rue.

Le système orthogonal a été abandonné presque partout en Italie, parce que l'usure des pavés le long des joints, parallèles à la direction du roulage des chars, est forte et immédiate, et dans la ville de Florence on suit quelquefois le principe du pavage en *opus incertum* (système polygonal), et à Rome on a adopté, en grande partie, le pavage à petits cubes de 15 centimètres de côté.

Dans la formation de la fondation, la couche en béton, auquel on a eu recours dans des cas spéciaux, exige une épaisseur presque uniforme dans les pavés (masselli) et en rend le déplacement très difficile.

Une telle pose doit, par suite, être considérée comme ne convenant pas pour des raisons techniques et économiques.

Exécution des pavages en pierre.

Dans l'exécution des pavages en pierre, on admet généralement l'opportunité de ne pas abaisser les dimensions de ses éléments, au point de rendre presque impossible un deuxième emploi ; d'ailleurs, comme il est nécessaire que la masse du petit bloc soit telle qu'elle puisse recevoir opportunément le choc de la hie, les pavés ont une largeur maximum de 40 centimètres, leur longueur dépasse rarement 50 centimètres, et leur épaisseur est de 15 centimètres.

Toutefois, dans des cas particuliers, on a recours à une fondation spéciale ; elle est ordinairement constituée par une couche de sable siliceux, granuleux, d'environ 10 centimètres d'épaisseur et abondamment mouillée de façon que le sable ressorte par les joints sous les coups de la hie .

La disposition des ranges est de la plus grande importance, car surtout dans les rues étroites, sous l'action des lourdes allées et venues de chars, on en voit bientôt les défauts et les inconvénients.

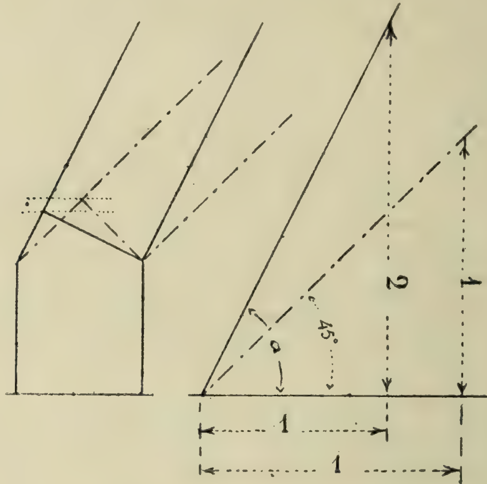
La disposition perpendiculaire à l'axe de la rue fait qu'à un moment donné la génératrice périphérique d'une roue va se trouver précisément sur la bordure d'un pavé (massello) en passant d'un seul coup sur le pavé voisin.

A cet instant, le poids et le choc arrivent en même temps pour produire leur effet dommageable sur l'arête des petits blocs.

Quant aux joints parallèles à l'axe de la rue, s'il est vrai que, théoriquement, les pavés, grâce à leur disposition, ne devraient pas subir de dommages par suite de la circulation des chars, au contraire, à cause d'inévitables petites différences de niveau entre les pavés contigus, les roues des véhicules produisent peu à peu par frottement des ornières très coûteuses à réparer, qui prouvent le défaut organique de la construction.

D'ailleurs, il n'est pas bon non plus de couper obliquement les bouts (intestature) des pavés (masselli) et il paraît logique et avantageux d'obliquer les ranges. Mais l'inclinaison poussée à 45 degrés entraîne dans la taille des petits blocs destinés à longer les rails des tramways et les bordures de côtes, une perte considérable de matériaux et, par conséquent, il semble plus à propos et suffisant de s'en tenir à *l'inclinaison adoptée dans la*

ville de Milan, pour le pavage de ses rues, tang. a = 2. Une telle inclinaison permet en outre de résoudre la question de l'appui sur les bordures sans avoir recours à des pièces spéciales ; de plus la face oblique qui en résulte présente assez de garantie au point de vue de la solidité, et offre certainement une économie considérable de frais et de temps dans son exécution.



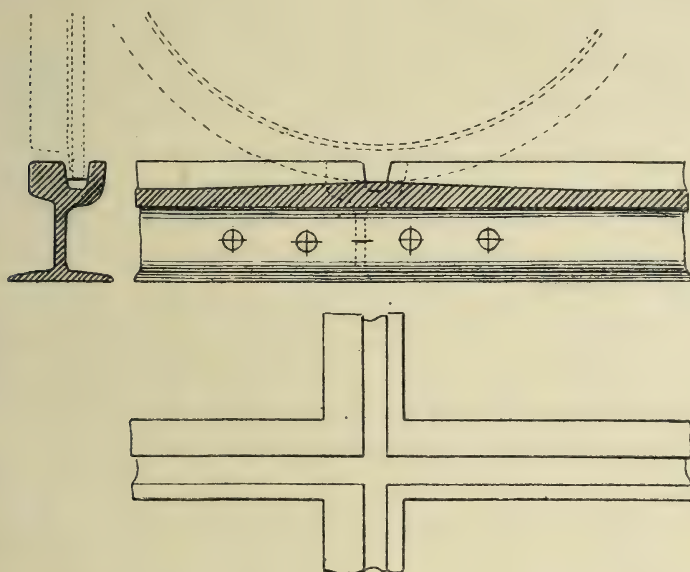
Malgré le soin le plus minutieux avec lequel on pose les petits blocs à côté des rails du tramway, comme les joints des rails sont éloignés les uns des autres, les petits blocs reçoivent constamment de légers heurts, de sorte que la pluie et l'eau des arrosages commencent bientôt à pénétrer dans le sous-sol, et il se produit des affaissements qui gênent la circulation et qui sont, avec raison, l'objet de plaintes de la part du public.

De pareils inconvénients se constatent surtout aux aiguillages et aux croisements, où les tramways circulent en plus grand nombre, et où leurs chocs facilitent le desserrage des boulons.

Pour éviter en partie de pareils inconvénients, il faudrait que l'ornière du rail fût artificiellement surélevée dans ces endroits, de telle sorte que pendant la traversée du petit espace de quelques centimètres séparant les rails qui se croisent, la voiture du tramway, au lieu d'être portée par la lèvre de la roue, fût portée par le boudin.

De cette façon, il ne se produirait pas ces chocs qui, en peu

de temps, détraquent l'ensemble de toute l'armature de la voie, en causant dans le pavage limitrophe des inégalités de niveau et des affaissements ou ornières, dont les réparations, même pour le simple entretien des rues, deviennent nécessairement coûteuses et continuelles.



Pour diminuer en partie ces inconvénients, on doit pourtant assurer l'écoulement immédiat de l'eau qui, par suite de pluies ou d'arrosages, pénètre et reste dans l'ornière du rail, et il est bon également d'étendre le système de soudure des rails, et d'employer des pièces spéciales en acier fondu pour les croisements.

En tout cas, pour rendre moins dangereux et moins fréquents ces affaissements dus à l'armement des voies de tramways, on a trouvé qu'il convenait d'adopter le pavage en bois pour les parties étroites. Le succès est relatif et nous allons résumer quelques détails de construction.

Les rails, dans la partie dont il est question, sont placés sur une couche de bon béton (calcestruzzo) de ciment qui renferme les traverses et l'escarpe (suoletta) jusqu'à environ 12 centimètres du plan supérieur .

Après que le béton (calcestruzzo) a fait sa prise complète et

conformément aux dispositions représentées par le dessin de détail y relatif, dans la planche 1 ci-jointe, on pose une couche plane de petits blocs de bois préalablement disposés sur une planche et coupée selon l'angle de rencontre avec le rail.

La planche, outre qu'elle rend plus rapide l'opération, conserve en forme les petits blocs, et en empêche l'abaissement éventuel à la suite d'un défaut partiel du sous-sol.

On étend cette disposition jusqu'à ce qu'on ait obtenu entre les rails une largeur de 50 centimètres environ, et on pose de ce côté un petit bloc d'un seul morceau. La durée du remède est d'habitude la même que celle du joint du rail, et tout en n'étant pas excessivement coûteux, il répond bien aux exigences voulues ; il n'est pas nécessaire non plus d'avoir recours à des bois d'essence spéciale, puisque le pin créosoté a toujours donné de bons résultats.

Sur les détails de construction et les divers dispositifs adoptés, surtout à Milan, soit pour le pavage, soit pour les méthodes d'enlèvement des eaux, nous ne croyons pas nécessaire d'ajouter d'autres explications, tous les détails ressortant bien clairement de la lecture des dessins joints au présent rapport.

Roches asphaltiques.

Ce matériau employé au pavage des routes se trouve en

Dans le groupe du Maiella, sur la côte, vers Pescara et le Lavino, il existe un fort amas de ce matériau, amas qui s'étend
Italie dans deux régions : aux Abruzzes et en Sicile.
sur le territoire de Lettomanopello, Abbatteggio et Roccamorise. Le minerai contient souvent jusqu'à 30 p. 100 de bitume mêlé irrégulièrement au calcaire.

En majorité ces dépôts sont à ciel ouvert. Le minerai est transporté à la gare de Scafa, à laquelle les mines sont reliées directement.

En Sicile, la zone la mieux exploitée pour le moment, est la côte de l'Erminio près de Ragusa et de Modica.

Ce minerai moins bitumineux a une granulation menue très régulière.

Plusieurs sociétés se sont formées pour l'exploitation, et cette industrie paraît florissante. Pour les expéditions et exportations,

le minerai est transporté au port de Mazzarelli par la route ordinaire et à Siracuse, par chemin de fer.

On ne possède pas d'éléments sûrs et complets pour porter un jugement sur les qualités de ces deux espèces de minerai pour le pavage.

Dans la ville de Milan, on a employé les deux qualités, et bien que l'analyse de ces deux bitumes traités avec les mêmes dissolvants ait donné des résultats différents, on ne peut pas encore faire un choix sûr.

L'analyse chimique a donné les résultats ci-après.

Analyse chimique des Poudres de Roche Asphaltique provenant de plusieurs Minières de l'Italie et de l'Étranger

MINIÈRES	Bitume	Carbonate de chaux	Carbonate magnésie	Oxydes métalliques	Eau et substances volatiles à 100	Substances diverses
Ragusa (Sicilia) analyse effectuée à Catania.	9,38	87,31	0,88	0,95	0,55	0,93
Ragusa (Sicilia) analyse effectuée à Paris	8,35	87,50	0,95	0,90	0,80	1,00
Abruzzi-Miniera Cese.	10,47	57,34	31,05	0,23	0,91	—
— Piano dei Monaci. . .	9,24	58,63	31,25	0,21	0,67	—
— Miniera Roccamorige .	10,96	53,40	22,64	—	—	13,00
— Miniera Lettomenoppello.	9,91	58,57	31,22	0,20	—	0,10
— Miniera S. Spirito. . .	10,72	82,25	5,50	0,74	0,64	0,15
— Miniera Cusano. . . .	15,70	49,70	32,00	0,32	0,98	0,30
— Miniera S. Giorgio . .	12,06	85,30	1,40	0,16	0,46	0,62
— Miniera Acqua Fredda.	10,62	86,40	1,50	0,52	0,66	0,30
— Miniera Fonticelli. . .	10,96	86,00	1,20	1,18	0,22	0,14

La construction des pavages en asphalte.

Bien que les mines de Sicile et des Abruzzes exportent depuis plusieurs années déjà le minerai asphaltique dans toutes les contrées du monde, peu de villes italiennes ont adopté l'asphalte comprimé comme matériaux de pavage.

Néanmoins, en Italie, il ne manque pas de personnes qui reconnaissent les qualités importantes de ces matériaux souvent supérieurs à d'autres systèmes.

Pas de poussière et de bruit, construction rapide, réparations faciles, frais réduits d'entretien et de renouvellement de la surface de la chaussée, voilà des qualités appréciables aussi bien pour les hygiénistes que pour le public.

L'application de l'asphalte, plus que difficile, doit être soignée, en ne négligeant aucune des prescriptions dont l'expérience a démontré la nécessité.

Sur une fondation de béton placée sur un terrain solide, absolument sans danger d'affaissement, on étale l'asphalte à 100 degrés de température, asphalte obtenu du minerai pur, homogène et sans aucune partie étrangère, renfermant au moins 10 p. 100 de bitume.

Puis l'épaisseur de la couche molle doit être réduite de 8 à 5 centimètres au moyen de la compression artificielle et avec des outils chauds ; la surface étant couverte en même temps d'une légère quantité de ciment pulvérisé, destiné à boucher les petits trous superficiels.

La route, 24 heures après ce travail, peut être ouverte au public.

Les résultats du pavage en asphalte sur les chaussées complètement libres et uniformes sont presque toujours excellents ; mais l'exécution exige la plus grande attention quand on y trouve des rails ou d'autres obstacles. Pour éviter les détériorations que l'urine des chevaux ou autres liquides acides causent facilement à la surface de l'asphalte, on a songé à mettre le long de la bordure, des pavés d'asphalte, comprimés à l'usine par des moyens mécaniques.

Cette bordure, n'ayant que 10 centimètres de largeur, ne présente aucun inconvénient aux joints qui seraient dangereux s'ils se trouvaient sur le passage des véhicules.

En tout cas, ces joints doivent être surveillés attentivement, et avant l'application de l'asphalte, il faut les boucher avec du bitume chaud et du ciment.

Entre les surfaces de contact de l'asphalte et les pierres qui limitent les sections pavées, on a cru nécessaire de mettre une bordure formée de cubes en bois qui servent à amoindrir les coups portés par les véhicules. La même précaution doit être

prise pour tous les autres obstacles existant sur la surface asphaltée de la route.

L'opération la plus difficile est d'éviter les vibrations produites dans la surface de l'asphalte par la présence des rails de tramways. Dans ce cas, l'entretien devient très cher, au point même de faire admettre les solutions coûteuses.

La municipalité de Milan a adopté dans ce cas, tout le long des rails, une bordure de cubes en bois *Taloowod* (voir fig. 2). Ce système très coûteux est le seul donnant de bons résultats ; on doit reconnaître toutefois que ce n'est pas la solution idéale, surtout pour les réparations qui sont difficiles et chères.

D'autres villes ont fait couler le long des rails une bordure spéciale d'asphalte ; les réparations sont faciles, mais trop fréquentes.

Le même résultat a été obtenu en étendant la couche d'asphalte comprimé de la chaussée jusqu'aux rails.

On le voit, le problème est encore en Italie à l'essai et à l'étude, et l'attention des techniciens est portée sur les résultats de ces essais et sur les causes qui les produisent. Un meilleur établissement des rails et des tramways, un meilleur écoulement des eaux, la réglementation de la circulation, les prescriptions relatives à la largeur des jantes, contribueront à obtenir de bons résultats, ainsi que l'étude des meilleures méthodes de construction des pavages en question.

Le pavage en bois.

Le pavage en bois n'a pas rencontré grande faveur en Italie, et peu de villes seulement ont fait des essais.

Ce système a été appliqué à Milan il y a quelques années, en utilisant des petits cubes de bois de 10 centimètres de hauteur, sur un fond de sable. Ce pavé a eu une durée fort limitée, de telle sorte que l'adoption du système n'eut pas de suite.

Le même résultat a été donné par un essai fait avec des prismes de sapin trempés dans du goudron et placés sur un fond de béton.

Actuellement, on essaye des prismes hauts de 10 centimètres en Abies Picea et en Fagus, trempés suivant le système Giussani, dans certaines huiles.

Dans une localité où le pavé en asphalte comprimé n'est pas possible, parce qu'elle est parcourue par plusieurs lignes de tramways, on a adopté des prismes en bois *Taloowood.*

A Rome, un essai fait avec une espèce de bois d'Amérique (Adaquinas de Algarobo) a donné de bons résultats.

A Turin, il existe aussi une rue complètement pavée en bois, où l'on a eu de médiocres résultats et des frais d'entretien fort élevés.

Les routes empierrées.

Les routes en macadam couvrent dans les villes italiennes une surface très grande, car elles coûtent moins cher à construire et peuvent être facilement ouvertes pour recevoir les canalisations de tous les services dans le sous-sol.

Pour des raisons économiques et comme revêtement transitoire, elles doivent être étudiées de près, car malheureusement la poussière et la boue qui s'y produisent très facilement sous l'action des influences atmosphériques, les rendent intolérables dans les villes.

Les essais faits en Italie, de goudronnage superficiel ou de tarmacadam ne permettent pas d'émettre un avis qui en conseille l'adoption sur une grande échelle ; mais il faut toutefois reconnaître qu'un grand pas a été fait vers la solution d'un problème qui intéresse si vivement l'hygiène et l'économie.

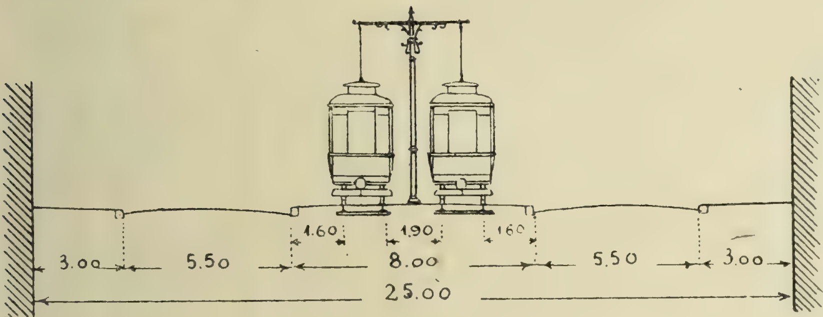
Le revêtement en macadam est sûrement, comme système transitoire, le mieux indiqué pour les villes dont le budget ne permet pas d'accorder les crédits nécessaires pour construire des pavages définitifs et coûteux, même dans les quartiers éloignés du centre. Toutefois on doit, même en ces quartiers, éviter de construire deux routes voisines, également importantes, avec des systèmes trop différents .

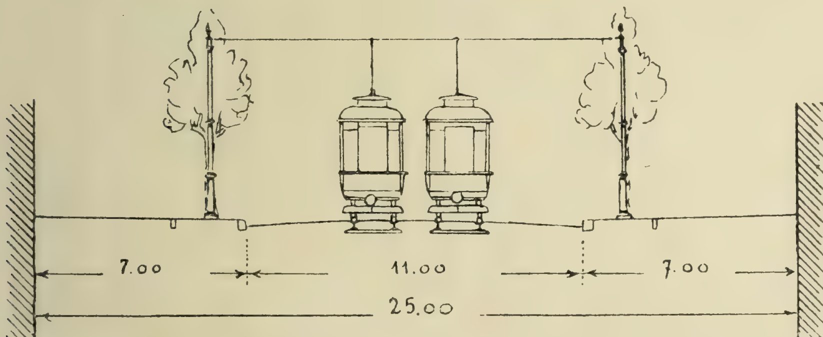
Actuellement on recommande, comme solution économique favorable à l'hygiène, d'adopter dans les grands parcs non parcourus par des lignes de tramways, et où la circulation est limitée, l'empierrement goudronné qui ne présente pas les défauts du macadam.

Conclusions et desiderata.

D'après les idées et les résultats qui viennent d'être exposés, les plus grandes difficultés dans le choix d'un revêtement se présentent quand il s'agit de routes parcourues par beaucoup de lignes de tramways.

Aux difficultés de construction, on doit ajouter les frais importants d'entretien ; il n'est donc pas exagéré de recommander la construction d'une piste spéciale pour les tramways (solution naturelle si on n'arrive pas à la suppression des rails), trouvée déjà nécessaire quand les routes étaient encore en plus mauvais état que maintenant.





Dans tous les cas, sur des routes d'une largeur supérieure à 25 mètres, destinées à être parcourues par plusieurs lignes de tramways, on ne doit pas planter d'arbres sur les trottoirs, qu'il faut laisser libres pour les piétons, en construisant les lignes de tramways au milieu de la route sur une piste réservée.

On pourra, dans ce cas, suivant la place dont on dispose, planter des arbres sans nuire aux maisons, et l'espace destiné à la circulation des véhicules sera ainsi plus libre. Les frais d'entretien de ces routes seront réduits, et on pourra plus facilement faire le choix d'un type de pavage.

Si réduite que puisse être l'usure des matériaux destinés à la construction des pavages, il conviendra toujours, pour leur classification, de recourir aux analyses chimiques et aux expériences physiques.

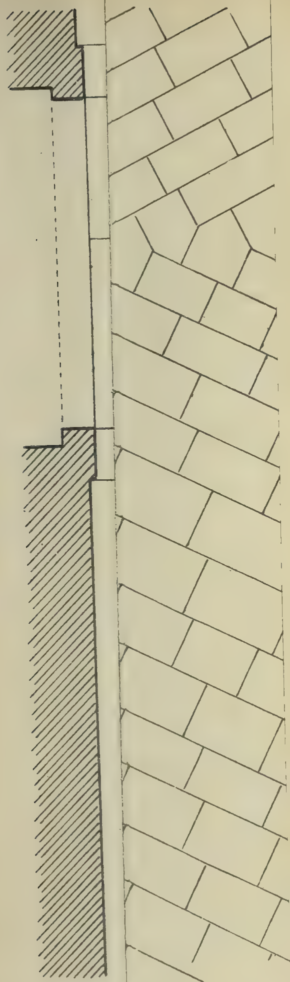
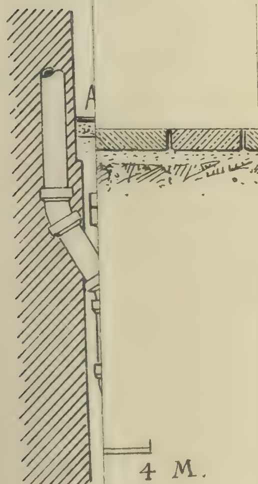
C'est donc aux appareils d'essais, aux données techniques, que les constructeurs doivent s'adresser pour le choix opportun des asphaltes, des pierres, et de tous autres matériaux de pavage.

Nous désirons donc que dans le prochain Congrès on divise la matière à traiter, et que chaque système de pavage forme un sujet à part, de manière qu'en détaillant toujours davantage les particularités de construction, les techniciens soient mis au courant de tout ce qui les intéresse sur la question du pavage des rues. Pour évaluer la durée du pavage, nous conseillons de faire des statistiques par rapport à la largeur de la chaussée, et à l'intensité de la circulation.

Ce n'est qu'alors et avec des chiffres rationnellement établis et uniformes pour tous les pavages, que les constructeurs pourront sûrement recommander le meilleur système de pavage des routes.

Paolo CATTANEO.

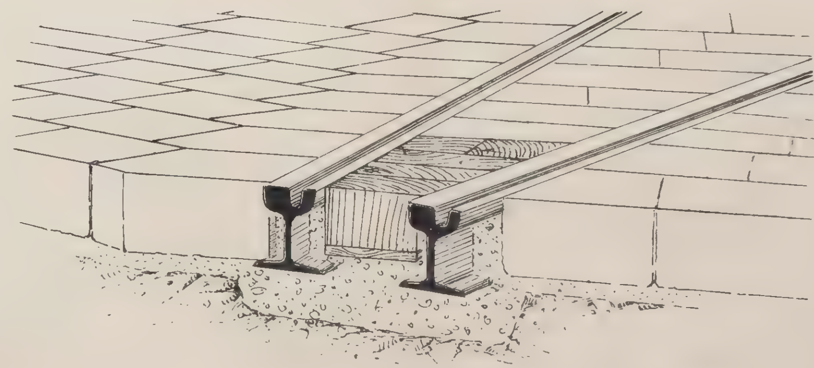
65561. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

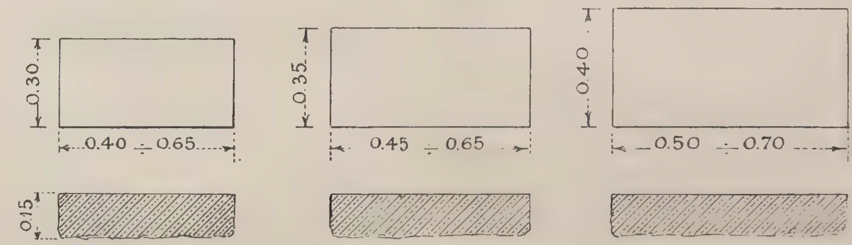


A
4 M.

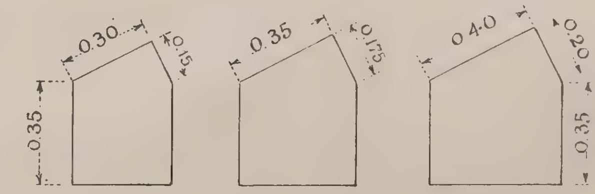
Vue en plan et coupe d'une rue avec pavage en granit.

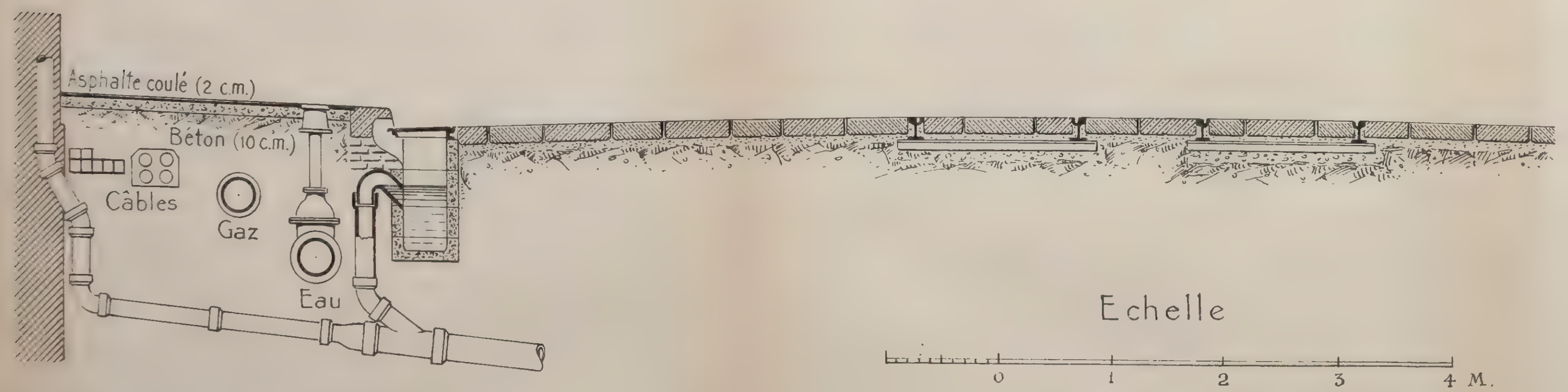
A B

Vue perspective sur la coupe A-B









Echelle

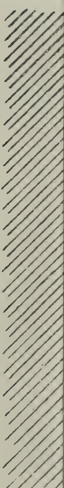
0 1 2 3 4 M.

yage en asph





asphalt





M.

Vue en plan et coupe d'une rue avec pavage en asphalte comprimé

pavés en asphalte comprimé

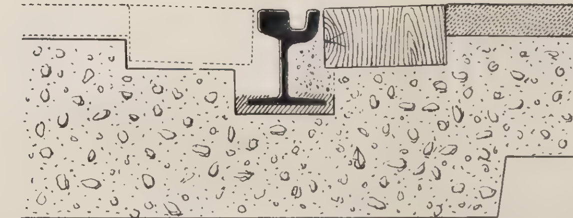
bandes en bois

A

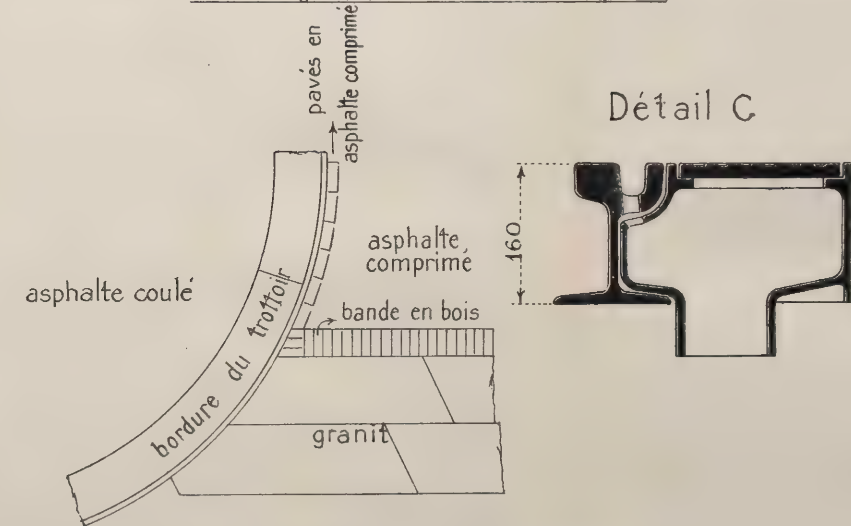
B

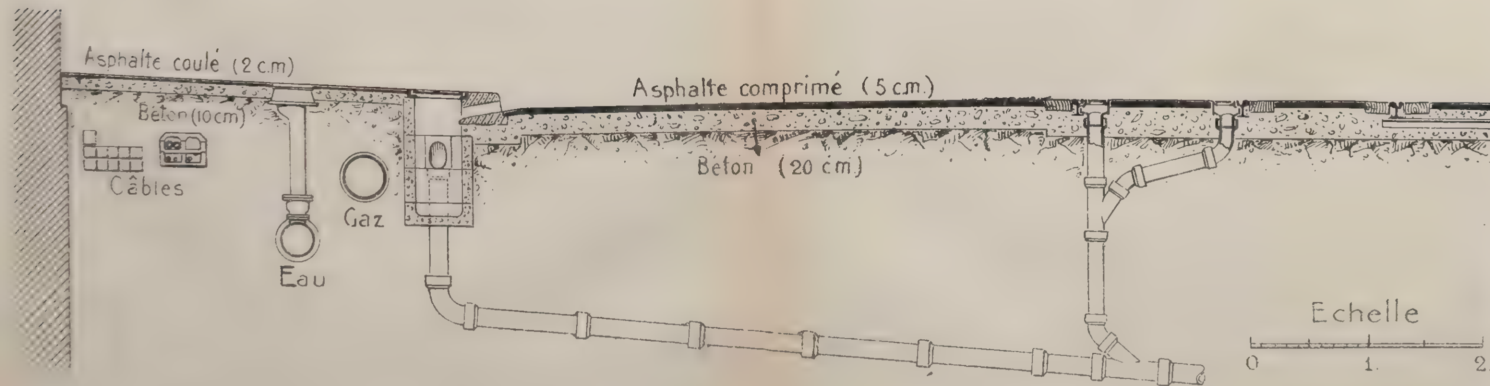
C

Coupe A-B



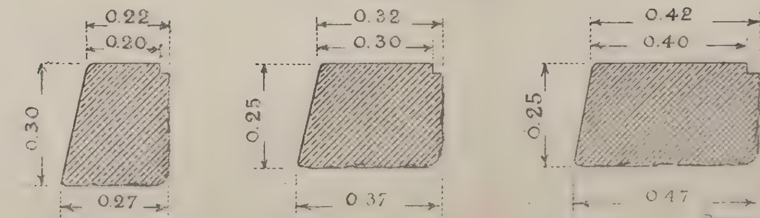
Détail C







Bordures de trottoirs



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
5. Question

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

RAPPORT

PAR

VICTOR WENNER
Stadtingenieur

ET

ARTHUR SCHLAEPFER
Strasseninspektor
Zurich

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

CHOIX DU MODE DE REVÊTEMENT

Généralités. — Le développement de la technique des routes dans la plupart des grandes villes suisses n'est entré dans une phase active qu'avec la seconde moitié du siècle dernier ; cette même période a vu également se produire un changement assez curieux dans la construction des routes. A l'intérieur des vieilles villes suisses, qui ont conservé un aspect médiéval, la plupart des routes étaient cailloutées. En effet, la topographie de la Suisse et les courants naturels de la circulation dans les temps anciens avaient eu pour conséquence que toutes les villes assez importantes s'étaient bâties au bord des fleuves ou des lacs ; les cailloux extraits de ceux-ci fournissaient alors le revêtement le meilleur et le plus économique pour les rues étroites, celui qui permettait le meilleur asséchement et facilitait le plus le nettoyage.

Avec l'extension rapide des villes au delà de leur étroite enceinte de murs et de fossés, le réseau de routes se développa considérablement aussi et, en raison de l'augmentation des frais d'établissement, il fallut adopter un mode de revêtement assez simple et se contenter, pour les routes nationales, de l'empierrement ou macadam.

En face de l'augmentation croissante de la circulation et des nouveaux modes de locomotion, la nécessité, de plus en plus urgente, s'imposa aux techniciens et aux municipalités de trouver un revêtement approprié aux exigences de la grande circulation automobile et de choisir des matériaux durs pour réduire au minimum la détérioration causée par elle. Alors que les rues étroites des vieilles cités étaient dépourvues de trottoirs le plus souvent et n'avaient qu'un seul ruisseau au milieu, les rues de nos villes modernes ont un trottoir et un caniveau de chaque côté de la chaussée. La largeur des trottoirs absorbe 35 à

50 p. 100 et généralement 40 p. 100 de la largeur totale de la route. Quand la largeur des trottoirs, le retrait des façades des maisons et la destination même de la route le permettent, on tient à planter sur les trottoirs des rangées d'arbres : c'est un soin qu'on prend de plus en plus.

Chaussées. — La chaussée a ordinairement un bombement parabolique d'autant plus faible que le revêtement est plus uni ; c'est-à-dire que c'est avec le macadam qu'il est le plus accentué et avec le dallage d'asphalte ou un autre revêtement analogue qu'il est le moins prononcé. Un certain nombre de villes, comme Berne et Zurich, appliquent, pour le calcul du bombement en fonction de la largeur des chaussées, la formule suivante :

$$f = \frac{b^2}{b-1} C.$$

où b représente la largeur de la chaussée et C un coefficient qui est :

Pour le macadam de 0,018 à 0,020 ;
Pour le pavage de pierre de 0,016 ;
Pour le pavage en bois tendre de 0,012 ;
Pour le pavage en bois dur et le dallage d'asphalte de 0,010 à 0,012.

D'autres villes, comme Lausanne, par exemple, se contentent de prendre pour flèche du bombement une certaine fraction de la largeur de la chaussée, égale à 1/40 pour le macadam et à 1/80 pour l'asphalte et le pavé de bois dur. L'eau d'écoulement de la chaussée se réunit dans les caniveaux latéraux et tombe dans l'égout collecteur ou dans des bouches distantes de 35 à 50 mètres. La largeur de la chaussée est rarement inférieure à 5 mètres et supérieure à 15 mètres. Dans certaines villes, comme Aarau par exemple, on gradue la largeur de la chaussée en mètres, alors que, dans d'autres, comme Zurich par exemple, on se base sur la largeur de chargement des véhicules et sur la place que tiennent les tramways. On présume qu'il faut, en général, pour une voiture, une largeur de 2 m. 50 à 2 m. 70 (y compris la marge de sûreté entre deux véhicules), et l'on constate que l'écartement des rails de tramways est généralement en Suisse compris entre 1 mètre et 2 mètres, de sorte que, sur des lignes à double voie, les tramways occupent une largeur de

4 m. 50 entre saillies extérieures des voitures (y compris une marge de sûreté de 50 centimètres entre elles).

La bordure séparant les *trottoirs* de la chaussée est constituée par de gros pavés appelés pierres d'arrêt ou par des pierres plates. Les dimensions normales des pierres d'arrêt en Suisse sont : largeur de parement : 16 centimètres ; queue : 20 à 24 centimètres ; longueur minimum : 30 centimètres.

Dans la Suisse orientale et centrale, elles sont, le plus souvent, en calcaire des Alpes ou en grès quartzeux et, dans la Suisse occidentale, en calcaire du Jura ou des Alpes. Les pierres plates de bordure ont une largeur de parement de 30 à 40 centimètres, une hauteur de 24 à 26 centimètres et une longueur minimum de 1 m. 50 ; elles sont, le plus souvent, en granit ou en granit de gneiss. On n'a pas obtenu de bons résultats, en général, dans les essais qu'on a faits avec des bordures artificielles en béton de ciment naturel ou armé. L'exhaussement des trottoirs par rapport à la chaussée est en moyenne de 9 centimètres avec des bordures en pierres d'arrêt et de 12 centimètres avec des pierres plates. Dans les sections de route horizontales, l'exhaussement varie, avec des pierres d'arrêt, entre 6 centimètres au sommet du caniveau et 12 centimètres au point le plus bas, près du collecteur ; et, avec des pierres plates, entre 8 et 18 centimètres. Le revêtement des trottoirs consiste, le plus souvent, en un simple empierrement ; leur inclinaison vers la chaussée est de 4 à 5 p. 100 lorsqu'ils sont empierrés, de 3 à 4 p. 100 lorsqu'ils ont un pavage de pierre et de 2 à 3 p. 100 lorsqu'ils ont un dallage d'asphalte ou un revêtement aussi uni.

En ce qui concerne *le profil en long et le tracé* des voies urbaines en Suisse, la topographie du pays oblige souvent à admettre des courbes de très faible rayon et des déclivités très accentuées pour éviter que la construction des routes ne revienne trop cher. En général, on exige un rayon minimum de 15 mètres pour les rues sans tramway et de 25 à 30 mètres pour les rues avec tramway.

La déclivité maximum est de 5 à 7 1/2 p. 100 pour les grandes artères et s'élève jusqu'à 15 p. 100 pour les rues de second ordre et les rues bordées de villas. On donne aux sentiers des déclivités qui vont jusqu'à 18 et 20 p. 100 ; au delà, on met des escaliers. Nous ne connaissons pas de villes où l'on rehausse spécialement la chaussée sur le versant extérieur des virages.

Quant aux canalisations souterraines, on les distribue de la manière suivante : on établit l'égout au milieu de la chaussée, les conduites d'eau d'un côté et celles du gaz de l'autre côté de la chaussée, à une distance de 1 m. 20 à 1 m. 50 de la bordure des trottoirs ; les câbles téléphoniques prennent place sous l'un des trottoirs et les canalisations électriques pour l'éclairage et les transports d'énergie sous l'autre (voir le profil transversal type en annexe). Jusqu'ici, on n'a pas estimé qu'il fût judicieux, pour les villes, de réunir toutes les canalisations dans une galerie commune et ce, pour divers motifs, au nombre desquels il faut surtout compter le danger d'explosion à la suite des fuites de gaz et la cherté de ce mode d'établissement.

1. *Empierrement ou macadam.*

En général, dans toutes les villes suisses, le *mode d'établissement* des chaussées empierrées est sensiblement le même ; toutefois, il y a quelques exceptions typiques dans certaines régions, surtout au point de vue de la pierraille.

Suivant la formule générale indiquée plus haut, l'inclinaison transversale des routes est de 2 p. 100 au minimum dans le milieu et augmente jusqu'à 8 p. 100 vers les caniveaux. Dans les villes de la Suisse française, on prend aujourd'hui pour flèche de bombement 1/50 de la largeur de la route, alors qu'on prenait autrefois 1/20 ou 1/30. Comme on attribuait la forte usure des routes à cet exhaussement considérable, on a réduit le bombement et par suite l'inclinaison transversale aux proportions susmentionnées ; mais, pour Lausanne, on fait remarquer expressément qu'il serait plus judicieux d'admettre 1/40 en vue de l'écoulement des eaux.

Alors que les anciennes chaussées empierrées de la plupart des villes et surtout des petites villes ont été exécutées absolument sans *fondation de moellons*, on ne manque pas aujourd'hui d'en établir une épaisse, variant de 15 à 20 centimètres (le plus souvent de 18 à 20 centimètres) lorsqu'on fait de nouvelles routes ou lorsqu'on recharge les anciennes. En général, il n'est pas difficile, en Suisse, de trouver les matériaux de fondation ; partout où c'est possible, on emploie des moellons ; presque aussi souvent, on utilise les grosses pierres qu'on trouve dans les sédiments diluviens de nos vallées et qu'on casse préalablement.

Dans les rues de second ordre, on emploie souvent ce qu'on appelle des « têtes d'oignons » (pierres rondes), qu'on trouve dans les sablières ; dans ce cas, on veille à poser la pierre de façon que le côté large et arrondi ne soit pas en haut, ce qui empêcherait d'établir solidement le revêtement. A Saint-Gall, les fondations ont 25 centimètres d'épaisseur, ce qui s'explique par la perméabilité très faible du sol et par les conditions climatériques qui sont des plus défavorables. Lucerne adopte aussi cette épaisseur exceptionnellement. Alors que Lausanne se contente d'une fondation de 10 centimètres d'épaisseur, Genève en établit qui ont de 25 à 40 centimètres d'épaisseur, suivant l'intensité de la circulation à laquelle on peut s'attendre. On cylindre rarement la fondation avant d'établir le revêtement : ce n'est la règle générale qu'à Genève.

La fondation des trottoirs a ordinairement 12 centimètres d'épaisseur (15 par exception) ; on n'y emploie le plus souvent que des « têtes d'oignons » en prenant la précaution indiquée plus haut.

Le *revêtement*, qu'on passe aujourd'hui presque toujours au rouleau, pour lui donner la compacité voulue, a une hauteur moyenne de 10 à 15 centimètres après cylindrage. Dans les régions qui fournissent beaucoup de cailloux ronds extraits des sédiments diluviens des vallées, on répand une première couche de cailloux de 2 à 5 centimètres de grosseur ; puis on superpose une couche de pierraille d'environ 5 centimètres d'épaisseur avec des pierres de 4 à 6 centimètres de grosseur. Pour les routes à circulation intense, on n'emploie que de la pierraille de ce dernier calibre dans la plupart des villes. Le mode d'exécution du cylindrage n'est pas uniforme ; dans certaines villes, comme Bâle, on continue de cylindrer jusqu'à ce que le revêtement ne présente plus aucune dénivellation et alors on procède à un sablage léger ; dans d'autres villes, comme Zurich, Berne, etc., on répand du sable mouillé pendant tout le cylindrage, ce qui diminue la durée de l'opération, mais rend la chaussée plus boueuse. Dans le premier cas, on ajoute 3 p. 100 et, au plus, 5 p. 100 de sable à la pierraille ; dans le second, de 10 à 15 p. 100 ; il faut alors un sable quelque peu argileux ou marneux, pour qu'il ait une certaine faculté de cohésion. Le premier procédé présente cet inconvénient bien marqué que la pierraille s'use et se brise davantage et que le revêtement revient plus cher ; par contre, il offre cet avantage de rester poreux. Dans la

méthode suivie à Zurich, la pierraille ne s'effrite guère et on laisse à la circulation le soin de comprimer à fond la couche superficielle (nous reviendrons sur les deux systèmes en traitant du goudronnage). Pour le rechargement, dans la plupart des villes, on commence par piocher la pierraille sur 5 à 10 centimètres d'épaisseur, en respectant le profil et par cylindrer à nouveau après ce repiquage. Dans certaines villes, avant de sabler, on répand de la pierraille fine (éclats) sur 1 à 2 centimètres d'épaisseur, procédé qui ne se justifie que lorsqu'on a des roches durs à cylindrer. A Neuchâtel, pour une certaine route, on a d'abord répandu une première couche de cailloux qu'on a cylindrée de façon qu'elle n'arrive qu'à 10 centimètres en-dessous du profil définitif ; puis on l'a piochée sur une profondeur de 5 centimètres et l'on a mis une seconde couche qu'on a amenée par cylindrage à hauteur de profil ; à titre d'essai, on a versé du goudron pendant le cylindrage de cette dernière couche.

Pour les trottoirs, on met ordinairement sur la fondation une couche de 10 centimètres d'épaisseur de cailloux de 1 à 3 centimètres de grosseur, puis une couche de 3 centimètres de gros sable qui recouvre les cailloux. On mouille légèrement et on passe le rouleau à main. Quelques municipalités renoncent à la fondation et se contentent de répandre une couche de cailloux et de sable de 15 centimètres d'épaisseur ; à Saint-Gall et à Berne, les trottoirs ne reçoivent qu'un revêtement de 7 à 8 centimètres. On emploie rarement du laitier en Suisse pour les sentiers et les promenades ; on le fait, par contre, assez souvent pour les chemins à travers les champs ou les forêts.

Entre le trottoir, souvent bordé de pierres en granit, et la chaussée proprement dite, on ménage, la plupart du temps, un caniveau pavé ayant 60 centimètres de largeur ; à Bâle seulement, on donne aux caniveaux une largeur variant entre 75 centimètres et 1 mètre, suivant la largeur de la chaussée. On en voit rarement qui n'aient que 40 à 50 centimètres.

Dans la plupart des villes, on se sert *pour toute l'épaisseur des revêtements de pierres concassées;* exceptionnellement et seulement pour les rues à faible circulation, on met des cailloux ronds vulgaires sous la couche de pierraille concassée, par raison d'économie. Jusqu'à ces dernières années, dans la plupart des villes, on faisait de la pierraille avec les pierres des sédiments fluviaux, comme on en trouve dans les gravières ou dans les produits du dragage des fleuves. La composition de cette

roche est très hétéroclite ; suivant la nature des terrains antérieurement recouverts et le chemin suivi par les anciens glaciers, on trouve, dans ces sédiments, des pierres marneuses, des calcaires mous, des calcaires des Alpes, des calcaires quartzeux, de la gompholite, du grès de Flysch, des roches volcaniques, etc. Cette diversité de composition entraîne une usure tout à fait irrégulière des chaussées constituées avec ces matériaux ; cette usure est, en général, assez forte, de sorte qu'il y a relativement beaucoup de boue pendant la période humide et beaucoup de poussière pendant la saison sèche. Bâle et les localités des environs font exception, parce qu'elles se trouvent dans la partie basse du bassin recouvert autrefois par le Rhin, où il n'y a que de faibles quantités de roches tendres dans les alluvions ; aussi ces villes peuvent-elles obtenir des revêtements relativement bons, même avec les cailloux des gravières. D'autres villes, comme Saint-Gall et Schaffhouse, qui font venir la plus grande partie de leur pierraille de l'extérieur, en emploient depuis longtemps qui est meilleure comme qualité ; ainsi, à Saint-Gall, on se sert de grès quartzeux et calcaire de la haute vallée de l'Ems et pour les rues à circulation intense de basalte d'Immendingen ; à Schaffhouse, de basalte d'Immendingen. La ville de Zurich se fournit dans l'Allemagne méridionale de basalte, de grauwacke, d'amphibole, etc. ; mais, comme ces matériaux coûtent très cher, elle sera obligée, pour les rues de second ordre, de s'en procurer de moins dispendieux dans les environs, comme, par exemple, des grès quartzeux et calcaires de la région du lac des Quatre-Cantons. Bâle, qui possède, comme nous l'avons dit, de très bonnes routes en général, fait venir de l'extérieur davantage encore de pierraille dure, comme la grauwacke, la phonolithe, le basalte amphibolique, dont elle a revêtu actuellement 60 rues environ. La ville de Genève, qui n'obtenait pas non plus de bons résultats avec le gravier retiré des carrières et des alluvions du fleuve, fait venir de diverses carrières voisines du lac des roches quartzeuses et calcaires ; il en est de même pour Lausanne. Les autres villes suisses n'ont, pour ainsi dire, pas employé de pierraille dure jusqu'à présent et se contentent des cailloux des gravières ou de calcaires extraits des carrières environnantes.

Dans les villes de la Confédération, la superficie macadamisée dépasse de beaucoup la superficie pavée ou consolidée par des revêtements artificiels ; ainsi, à Zurich, il n'y a que 20 p. 100 de

revêtements, en matériaux durs ; à Saint-Gall, 15 p. 100 seulement ; à Aarau, 30 p. 100 ; à Lucerne, 12 p. 100, et dans d'autres villes, encore moins.

Les tableaux suivants donnent le prix de revient des empierrements dans des villes différentes :

Coût de la fourniture et de la mise en place des matériaux de fondation par mq.

	Bâle. Sur une épaisseur de 20 cm.	Schaffhouse. Sur une épaisseur de 18 à 20 cm.	Saint-Gall. Sur une épaisseur de 25 cm.	Winterthur. Sur une épaisseur de 15 cm.	Zurich. Sur une épaisseur de 20 cm.
En moellons	2,50	1,20 à 1,40	1,60	1,70 à 2,20	1,90 à 2,40
En têtes d'oignons	—	—	—	—	Épaisseur de 18 cm. 1,40 à 1,80

Coût du revêtement et du cylindrage par mq.

	Bâle. Épaisseur de 10 cm.	Lausanne.	Schaffhouse.	Saint-Gall.	Winterthur. Épaisseur de 10 cm.	Zurich. Épaisseur de 8 cm.
Gros cailloux ronds	—	—	—	—	0,80	0,60 à 1,10
Pierraille extraite des carrières ou des alluvions fluviales dans les environs	1,10	—	0,70	—	—	De 12 à 15 cm De 1 à 2 suivant que les routes sont dans des vallées ou sur la montagne
Basalte	3,50 à 3,70	—	1,30	Épaisseur de 10 cm. 2,50 à 2,80	—	Épaisseur de 15 cm. 4,30
Grauwacke	4,30 à 4,50	—	—	—	—	Épaisseur de 15 cm. 4,50 à 5
Porphyre	2,80 à 2.90	—	—	—	—	Épaisseur de 12 cm. 4,50
Grès quartzeux et calcaire	—	—	—	Épaisseur de 10 cm. 2 à 2,20	—	—
Grès quartzeux	—	Épaisseur de 10 cm. 1,30 de 18 cm. 2,80	—	—	—	—
Amphibole	3,20	—	—	—	—	—

Établissement de l'empierrement des trottoirs sur fondation et avec cylindrage. Coût par mq.

Bâle. Épaisseur de 15 cm. (cailloux et sable).	Saint'Gall.	Zurich. Épaisseur de 25 cm.
0,50	2,50	2,60 à 3,40

2. *Remèdes contre la poussière et la boue.*

a) Goudronnages superficiels.

Le remède contre la poussière que nombre de villes suisses ont trouvé jusqu'à présent le meilleur, tant pour les trottoirs que pour les chaussées, est le goudronnage : on a tout d'abord procédé au goudronnage superficiel, comme étant le plus économique. Si le goudronnage ne constituait, pour les municipalités, qu'un simple remède contre la poussière, il n'aurait pas pu prendre les proportions relativement considérables qu'il a prises et, dans les villes où il a échoué la plupart du temps jusqu'à ce jour, on ne continuerait pas les essais. En effet, pour lutter contre la poussière, la majorité des villes aurait pu se contenter de l'arrosage à l'eau, en y ajoutant, dans certains cas, des sels hygroscopiques. Mais le goudron a cet avantage reconnu de tous que si, par son emploi, on ne peut complètement empêcher la formation de nuages de poussière, précisément à cause de la poussière d'apport, on réussit du moins à augmenter la résistance des chaussées à l'usure par les temps humides et à diminuer par là, notablement, la formation de la boue et les frais d'entretien.

Le *goudronnage des chaussées* á surtout donné pleine satisfaction à Bâle, où il y a été procédé jusqu'à fin 1909 sur une superficie d'environ 230 000 mètres carrés. Sur les routes très fréquentées, l'enduit n'a pas tenu et on ne le renouvelle plus ; par contre, sur les routes à faible circulation, dès la première année, les résultats ont été des meilleurs, ainsi d'ailleurs que sur les routes à circulation moyenne où l'on fait de nouvelles applications tous les deux ou trois ans. « Le compte rendu de la ville de Bâle, dont les essais de goudronnage servent de modèles pour la Suisse et pour une partie de l'Allemagne, porte que, depuis 1906, la ville de Bâle a franchi l'étape des essais en ce qui concerne le goudronnage superficiel des chaussées et

des trottoirs et qu'elle le considère comme faisant partie de l'entretien réglementaire des routes. »

L'enquête faite auprès de 16 municipalités suisses sur les effets du goudronnage superficiel des chaussées a donné les résultats suivants :

Sept municipalités attribuent la plus grande valeur à ce procédé pour les routes à circulation faible ou moyenne ; d'aucunes y voient même un remède presque idéal. Cinq villes, dont Zurich, ont fait des essais sur une plus ou moins grande échelle, dont ils ne peuvent pas jusqu'à présent déclarer les résultats satisfaisants ; mais les services compétents s'efforcent d'obtenir des résultats de plus en plus encourageants, en recherchant soigneusement les causes des insuccès partiels. Quatre autres villes n'ont pas fait d'essais ou estiment que le remède n'est pas suffisant, même pour les routes peu fréquentées, et y ont complètement renoncé à l'heure actuelle.

Pour réussir le goudronnage superficiel des chaussées, il faut absolument veiller aux points suivants :

1° La chaussée à goudronner doit être en bon état ; si on ne procède pas à un rechargement complet avant le goudronnage, il convient de repiquer les flaches et de faire des emplois partiels cylindrés jusqu'à refus ; il ne faut pas goudronner des routes déjà usées.

2° Il ne faut pas goudronner les routes dont le revêtement n'est pas solide ou qui sont construites avec des matériaux inférieurs.

3° Le moment le plus propice pour le goudronnage se place entre la 4e et la 6e semaine après le cylindrage du nouveau revêtement ; en tout cas, la pierraille doit être parfaitement sèche et nette de toute boue et poussière ; mais il ne faut pas arracher le liant en balayant.

4° Le goudron employé doit être le plus possible débarrassé d'eau et d'ammoniaque. Nous recommandons d'employer un goudron de houille qui, chauffé à 300°, donne la composition suivante :

Brai dur.	66 à 68	parties.
Huiles.	31,5 à 29,5	—
Eau	2,5	—

5° Le premier goudronnage ne doit être effectué que par un temps très sec et, si possible, après une période de chaleur et

de soleil. Pour les goudronnages subséquents, la chaleur constante a moins d'importance.

6° Avant le durcissement de la couche de goudron, il y a lieu de la recouvrir de criblures de sable à arètes vives. Il convient de passer un rouleau à main qui ne soit pas trop lourd sur la couche mince de sable.

Si, dans beaucoup de villes, les goudronnages superficiels n'ont pas donné satisfaction, malgré l'observation de toutes les prescriptions ci-dessus ou de la plupart d'entre elles, l'insuccès pourrait tenir à l'une des raisons suivantes :

Si le goudronnage d'une section de route ne réussit pas une année, on ne le renouvelle pas l'année suivante, ordinairement. Or, tant que l'on se contente de goudronner quelques rues isolées entre d'autres très fréquentées, l'efficacité du goudronnage comme remède contre la poussière ne peut pas être bien grande, puisque les voitures amènent la poussière et la boue des voies adjacentes. Cette poussière d'apport a sur les routes goudronnées un effet plus néfaste que celle qui provient directement du revêtement, parce que cette dernière s'y fixe plus ou moins par de fréquents arrosages, tandis que l'autre, aussitôt desséchée, se remet en mouvement.

Une autre cause de détérioration des revêtements goudronnés, ce sont les bandages en fer des camions automobiles ; ils devraient bien disparaître progressivement de la plupart des villes ; il y aurait lieu de les interdire tant pour des raisons d'hygiène que pour des raisons de police, à cause du bruit qu'ils font dans les rues étroites. Mais ce sont surtout les fers des chevaux, munis de crampons, qui piochent les surfaces goudronnées et facilitent la pénétration de l'eau et de la gelée dans les revêtements.

Les conditions climatériques sont également défavorables pour beaucoup de villes suisses ; il est rare qu'on puisse assécher complètement les chaussées, à cause de la fréquence des pluies et des averses d'orages et à cause du refroidissement considérable qui se produit la nuit ; de plus, au printemps et en automne, l'air et le sol étant très humides, il y a presque tous les jours des alternatives de gel et de dégel, auxquelles le goudronnage ne peut pas résister longtemps, même avec une circulation faible ou moyenne seulement ; on l'a souvent remarqué pour les trottoirs.

Nous appuyant sur des études spéciales et comparées des

goudronnages superficiels de Bâle et de Zurich, nous sommes amenés à *attirer l'attention* des municipalités qui n'ont pas obtenu jusqu'à ce jour de résultats suffisants *sur les quelques points suivants :*

1° Des roches très dures et compactes conviennent moins bien pour le goudronnage que d'autres un peu plus tendres, quoique suffisantes pour supporter une circulation faible ou moyenne, comme, par exemple, les galets des fleuves et des carrières ; mais il faut que leur composition soit assez homogène.

2° Un autre vice essentiel paraît consister en ce que, dans beaucoup d'endroits, on cesse le cylindrage *sans sablage* avant que les pierres du revêtement soient complètement enchevêtrées les unes dans les autres. Ordinairement, on laisse à la circulation le soin d'achever la compression ; par suite, beaucoup de municipalités recommandent de ne goudronner les routes que pendant la deuxième année. Dans ce dernier cas, il faut se servir, pour consolider le revêtement, de sable assez argileux qu'on mouille ; les interstices entre les pierres se trouvent alors bouchés par un mélange de sable et de boue qui empêche le goudron de pénétrer comme il faut le revêtement. Si, au contraire, on cylindre jusqu'à refus, la pierraille en souffre, car elle se trouve davantage écrasée ; il suffit, pour prévenir cet effet, d'humecter le revêtement cylindré à sec, de recouvrir d'un peu de sable et de le passer légèrement au rouleau. De cette façon, on n'emploie que 3 p. 100 et, au plus, 5 p. 100 de sable et le revêtement reste poreux.

3° Au cours de la première année, le revêtement se trouve ordinairement pioché au milieu par les crampons fixés aux fers des chevaux ; lorsque le temps n'est pas tout à fait sec, il se forme une pâte noire. Pour empêcher le plus possible la pénétration de l'eau, il y a avantage à répandre une légère couche de sable sur l'enduit goudronneux humide ; les flaches sont plus ou moins comblées de cette façon et, lorsqu'il fait un bon temps, la circulation les nivelle ; naturellement, lorsque le temps est favorable, il faut goudronner à nouveau.

Il y a un accord presque unanime parmi les municipalités en faveur du *goudronnage superficiel des trottoirs*. On peut aboutir aussi à des échecs, mais ils proviennent le plus souvent de ce fait qu'il entre trop de terre dans la composition des revêtements des trottoirs et qu'alors la pénétration du goudron

devient, en général, impossible. Il est donc à recommander de ne goudronner que les trottoirs plus ou moins empierrés et de renouveler l'enduit une fois au moins. Bâle obtient également de très bons résultats pour les trottoirs en employant pour leur revêtement des débris de calcaire marneux du Jura qui donnent, sans goudronnage, un mauvais trottoir gras et, avec le goudronnage, un trottoir excellent.

Les *frais du goudronnage superficiel* sont donnés par chacune des municipalités sous une forme tout à fait différente ; ils varient, en ce qui concerne les chaussées, entre 7 cent. 8 (Bâle) et 20 centimes pour le premier goudronnage, avec une moyenne de 12 à 15 centimes, et entre 5 et 10 centimes pour les renouvellements. Pour les trottoirs, on peut admettre, en général, les mêmes prix que pour les chaussées.

b) Goudronnages internes.

Jusqu'à présent, on n'a fait que peu de goudronnages internes des *chaussées* en Suisse ; toutefois, dans ces dernières années, on a entrepris une série d'essais avec ce qu'on appelle le macadam Aeberli. Le procédé ordinaire consistait à chauffer du goudron et de la pierraille mélangés, à répandre les pierres enrobées sur la chaussée et à les cylindrer fortement. On n'a opéré que sur des routes à circulation faible et le résultat a été satisfaisant ; on n'a jamais tenté de vérifier si ce système suffirait aussi pour des routes à circulation intense. On ne pouvait songer, sur les routes assez fréquentées, à mélanger à la main le goudron et la pierraille, à cause du temps que prendrait ce mode de préparation et de l'interruption nécessairement longue que devrait subir la circulation pendant le goudronnage. Il s'ensuivit qu'on n'a pas multiplié les essais jusqu'à ce que le *macadam Aeberli* fît parler de lui. On sait comment il se fait. L'avantage manifeste qu'on retire du mélange à la machine des pierres chaudes avec le goudron et de la mise en tas, pendant un certain temps, de la pierraille ainsi préparée, c'est qu'on peut obtenir par là des matériaux susceptibles de former en peu de temps, une fois répandus sur la forme, un agrégat parfaitement dur et qu'on peut amener à pied d'œuvre, en quelques jours, autant de pierraille qu'on veut et procéder rapidement sur de grandes sections de routes. Toutefois, les essais entrepris un peu partout au cours

de l'année 1909 ont montré qu'il faut également suspendre la circulation sur le macadam Aeberli, et ce pendant une période de une à deux semaines, suivant le temps qu'il fait ; mais, par les chaleurs, on peut raccourcir cette période. On a fait cette année, à Zurich, des expériences intéressantes en ce sens qu'elles ont montré qu'il convient de ne mélanger la pierraille et le goudron, même avec le procédé Aeberli, que pendant la saison où l'air n'est pas trop humide et qu'il faut, avant tout, préserver la pierraille de la pluie pendant qu'on la prépare. Alors qu'une petite section goudronnée à Zurich, au commencement de septembre, à titre de spécimen, était devenu au bout de dix ou quinze jours assez résistante pour que les usagers de la route ne fissent aucune réclamation, une autre, dont la pierraille n'avait été préparée qu'en septembre-octobre et placée en novembre, n'a pas encore acquis la solidité voulue. Au bout d'un mois et demi, on a fait les observations suivantes sur la première section : quelques pierres de la chape protectrice de 1 à 2 centimètres d'épaisseur s'étaient bien émiettées, mais la chape elle-même, dans son ensemble, était restée intacte. Sur une profondeur de 10 centimètres, le revêtement résistait fort bien aux coups de pioche ; à l'intérieur, on voyait bien quelques endroits dont le durcissement n'était pas complet, mais on constatait une agglutination parfaite des pierres ; le durcissement (la formation de brai) a fait des progrès depuis cette époque. Nous avons soumis des échantillons prélevés sur les deux revêtements à l'analyse chimique en les dépouillant dans le laboratoire de leur gangue d'apparence asphaltique et en les faisant dessécher complètement par 100° de chaleur, jusqu'à ce que leur poids restât constant ; pendant l'opération, il s'est dégagé principalement de l'eau, du benzol, de l'ammoniaque et d'autres huiles légères. Comme résidus, les deux échantillons donnèrent un mélange de brais de goudron gras et sec (et non de l'asphalte) ; mais l'échantillon prélevé sur le revêtement complètement durci n'avait plus que 2 p. 100 d'éléments volatils, tandis que l'autre en accusait encore 3,5 p. 100, soit presque le double. Comme on le suppose, cet excédent d'éléments volatils se composait surtout d'eau qui s'était mélangée intimement au goudron pendant la préparation du macadam et n'avait pas pu s'évaporer pendant la période d'étalage par couches. On peut conclure certainement de là que les échecs doivent être attribués surtout à ce fait qu'on a dû préparer et poser la pierraille dans une saison défavorable.

De plus, les essais de 1909 ont montré qu'il est à recommander de revêtir le macadam Aeberli, une fois qu'il a durci, d'une couche de goudron superficielle, afin de combler toutes les aspérités et de consolider toute pierre qui serait déchaussée (en vue d'opposer plus de résistance aux coups de sabots des chevaux) ; si la circulation est quelque peu intense, il conviendra de renouveler chaque année le goudronnage superficiel. Il résulte des indications des diverses municipalités que la petite pierraille doit constituer les 20 p. 100 de la grosse et que, pour préparer le mélange (grosse et petite pierraille), il faut environ 35 à 40 kilogrammes de goudron par mètre cube. Un rouleau de 13 à 17 tonnes comprime de 300 à 500 mètres carrés par jour.

A quel point le macadam Aeberli convient-il pour les routes à circulation lourde et quelles économies permet-il de réaliser comparativement au goudronnage superficiel, malgré les frais relativement élevés de premier établissement, c'est ce qu'apprendra une pratique plus longue du système. La plupart des essais n'ont été entrepris en Suisse qu'au cours de l'année 1909 ou, s'ils remontent plus loin pour certaines localités, on n'a pu obtenir des appréciations concluantes. En tout cas, le macadam Aeberli constitue un revêtement très silencieux et très praticable par les temps pluvieux, car il ne s'y produit pas de boue. D'après les indications des municipalités suisses, on a obtenu jusqu'à présent de bons résultats en général ; il est donc à recommander d'essayer partout ce système sur une plus grande échelle.

A Montreux, trois routes ont été revêtues de ce macadam sur une largeur de 10 à 12 mètres ; dans une de ces routes, le macadam touche aux rails d'un tramway ; jusqu'à ce jour, il ne s'est produit aucun détachement du rail. Le prix par mètre carré tout posé a été de 2 fr. 65, le mètre cube de pierraille rendu à pied d'œuvre revenant à 4 fr. 70. La ville de Lausanne, qui a également exécuté ce macadam sur une section de route, conclut aussi qu'il est nécessaire d'interrompre la circulation pendant et après les travaux, qu'il n'y a pas trace de boue ni de poussière, que les roues ne laissent pas de frayés, mais que, par contre, les sabots des chevaux armés de crampons peuvent dégrader sérieusement la pierraille fine sur des routes à forte déclivité (6 p. 100) et qu'il convient, dès lors, de continuer les essais sur des routes à fortes déclivités. Le macadam Aeberli tout préparé revient pour Zurich à environ 16 francs le mètre cube en tas, la même

pierraille non préparée coûtant 6 francs le mètre cube ; le mètre carré tout posé, sur 10 centimètres d'épaisseur, coûte environ 1 fr. 20 à 1 fr. 30 de plus que l'empierrement ordinaire.

Pour les *trottoirs* également, on a fait des essais avec du gravier de jardin préparé selon le système Aeberli. On a étalé une couche de gravier de 3 centimètres, sablé aussitôt, puis livré le trottoir à la circulation ; on ne s'est jamais plaint que les chaussures soient salies par le goudron, etc. Toutefois, il est à recommander de passer également une couche superficielle de goudron sur le revêtement et de sabler, afin de combler les interstices entre les cailloux et d'obtenir une surface bien unie. Pour les cours, les trottoirs, etc., on a obtenu de très bons résultats, à Zurich, avec un mélange intime dans les proportions suivantes : 300 parties de cassures de pierres (déchets de pierraille), 300 de sable et 60 à 65 de goudron froid ; les matériaux n'avaient subi aucune préparation préalable : on ne les avait ni séchés ni chauffés. On répand le mélange sur une épaisseur d'environ 4 centimètres et on passe dessus le rouleau à main pour réduire la couche à 3 centimètres ; on interrompt la circulation pendant une semaine pour permettre au goudron d'abandonner les huiles légères et le reste d'eau qu'il pourrait contenir et pour que le durcissement s'accomplisse sans entrave. Ensuite, on sable bien le macadam afin d'absorber le goudron liquide qui pourrait refluer à la surface ; puis on livre à la circulation ; il est à recommander de donner, au bout d'une huitaine de jours, une nouvelle couche légère de goudron et de sabler ensuite ; le macadam prend alors l'aspect d'un revêtement uni et compact. Des routes de ce genre sur lesquelles circulent de temps en temps des camions, ont eu une tenue parfaite de 1908 au commencement de 1910. Le mètre carré de ce macadam, y compris le goudronnage postérieur, revient à 1 fr. 60 environ, en moyenne, alors que l'asphalte liquide, sans fondation de béton, coûte, à Zurich, 5 francs le mètre carré.

Il convient de mentionner également un essai fait à Saint-Gall avec un revêtement de brai dur sur fondation de béton ; on a répandu un mélange de brai dur de cornues, de goudron de houille et de gros cailloux, semblable à de l'asphalte liquide. Le revêtement a eu une très bonne tenue pendant trois ans ; le mètre carré revenait à 3 fr. 60. Ce mode convient mieux pour les routes ombreuses que pour les routes ensoleillées ; sur ces dernières, il se produit un amollissement des matériaux et l'élas-

ticité devient trop grande. Dans d'autres endroits, on a répandu sur une fondation de béton préexistante, deux couches de goudron ; le coût, béton compris, s'est élevé à 4 fr. 50 par mètre carré. Ce revêtement ne s'est très bien comporté que sur les routes à circulation légère. On évite les inconvénients d'un simple revêtement de béton, qui donne lieu à la formation de crevasses et à une usure inégale, par cette double couche de goudron, dont le but est de niveler toutes les aspérités. L'avantage de ce système sur l'asphalte liquide consiste dans son bon marché ; par contre, il offre cet inconvénient qu'il faut renouveler tous les ans le goudronnage.

c) *Autres remèdes contre la poussière.*

On a employé, dans ce but, le pétrole, les huiles de Lambercier, l'asphaltine, la westrumite, la duralite, l'apokonine, la basilite. On n'a fait que quelques applications de ces produits, puis on a suspendu les essais, soit parce que les résultats ne répondaient pas à l'attente, soit parce qu'il se dégageait de fortes odeurs très désagréables, soit enfin parce que le prix de revient était trop élevé. Néanmoins, dans la plupart des villes, ces remèdes, dont l'efficacité tient à la présence de sels hygroscopiques, ont satisfait aux exigences du moment, et on les a utilisés pour obtenir une disparition rapide de la poussière dans des circonstances spéciales, comme des fêtes, par exemple, ou dans les périodes de très grande sécheresse. Les uns (sels purs) exigent toute une préparation lente et compliquée, la dissolution dans l'eau demandant beaucoup de travail et de temps ; les autres, comme l'antipoussiérite, l'epphygrite (lessives alcalines), sont très coûteux, bien que d'un mode d'emploi plus simple. Il faut renouveler, en général, tous les 8 ou 10 jours les applications de solutions au 1/10. Dans certains endroits, où l'on avait fait des applications assez fréquentes d'antipoussiérite d'epphygrite, etc., on a constaté qu'il se formait, sur le revêtement, une sorte de pellicule un peu glissante, mais parfaitement efficace contre la poussière. Un inconvénient des sels hygroscopiques, qui n'est pas négligeable et qui empêchera leur emploi de se généraliser, c'est qu'ils attaquent et détériorent assez gravement (par la rouille qui se forme) les parois et les tuyaux des voitures d'arrosage.

Il y a lieu de mentionner également les bons résultats qu'on a obtenus, pendant l'hiver, avec l'epphygrite, par exemple. Alors qu'en hiver on ne peut arroser la route à l'eau qu'en prenant beaucoup de précautions, à cause de la gelée, et en répandant du sel sur la chaussée, à l'occasion, on a pu arroser même des routes asphaltées avec une solution à 3 ou 5 p. 100 sans qu'il s'élève la moindre réclamation. Mais ce mode d'arrosage est à recommander surtout pour le pavé de pierre, parce qu'il maintient les joints des pavés humides pendant assez longtemps et préserve le revêtement de la poussière pendant la même période.

Le prix de revient, pour une application de chacun des produits susmentionnés, est :

Pour	la westrumite	18 à 20	centimes	par mq.
—	la basilite	22	—	—
—	une solution à 10 % de chlorure de calcium.	3,3 à 3,9	—	—
—	l'epphygrite	7 à 16	—	—
—	l'apokonine	30 à 32	—	—
—	l'asphaltinol.	18 à 26	—	—

3. — *Pavages en pierre.*

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, la plupart des routes des villes suisses étaient autrefois cailloutées. La pose de canalisations pour l'eau et pour les égouts, à la fin du siècle dernier, nécessitant la démolition des revêtements, donna lieu au remplacement du cailloutis ancien par un revêtement plus solide.

On pose presque toujours les pavés de la chaussée en les jointoyant avec du sable, sur une forme cylindrée, qu'il existe ou non une fondation de gravier et de moellons. Quand la fondation est solide et bien asséchée, c'est-à-dire quand le pavage repose sur une chaussée préexistante ou sur un sous-sol de pierre ou de gravier résistant, on n'établit pas de blocage de moellons et on donne au lit de sable une épaisseur de 15 à 25 centimètres ; pour les nouvelles rues, on fait un blocage de moellons de 15 à 20 centimètres d'épaisseur, sur lequel on

répand de 10 à 15 centimètres de gravier ou de sable qui constitue la forme.

Pour les trottoirs, on répand une couche de 5 à 15 centimètres de gravier et de sable, suivant la qualité du sous-sol, sans faire de fondation de moellons. On pose les pavés sur un lit de sable, on les dame fortement, on jointoye avec du sable mouillé et on recouvre le pavage de sable. Pour mieux empêcher la pénétration de l'eau et des saletés et la formation de la poussière, pour être mieux à même de nettoyer avec l'eau de la bouche d'eau, on a pris, ces derniers temps, l'habitude de cimenter les joints jusqu'à 5 centimètres de profondeur aux stations de fiacres, dans l'entrevoie des tramways et souvent même dans des sections de routes où il n'y a pas de rails. Mais on ne peut réussir dans cette opération que si l'on procède pendant une période de beau temps. Les pavés doivent être bien damés, nettoyés à sec et réchauffés par le soleil ; la largeur des joints ne doit pas être moindre de 8 millimètres. A Genève, depuis quelques années, on pose les pavés sur du béton de chaux ; la fondation a 20 centimètres d'épaisseur et consiste en béton de chaux à raison de 200 kilogrammes par mètre carré. Ce lit de béton doit atténuer beaucoup le bruit fait par le roulement des voitures. Ce pavage s'est très bien comporté. La fondation est très solide et il ne se produit d'inégalités que par l'usure des pavés. Les roches du pays qu'on emploie le plus, en Suisse, pour le pavage, sont le calcaire des Alpes de Weesen, le grès calcaire et micacé de Seedorf, le grès quartzeux gris d'Alpnach, les calcaires de Grandvaux (canton de Waadt) et d'Attalens (canton de Fribourg) ; parmi les roches de provenance étrangère, il faut citer surtout le granit de la Forêt Noire, le grès rouge des Vosges, le porphyre du Tyrol et le grès calcaire d'Allinges, en Savoie. La qualité de ces roches ressort de l'ensemble des données suivantes sur la densité, la résistance à la compression et la perméabilité moyennes :

	Grès d'Alpnach.	Porphyre du Tyrol.	Granit de la Forêt-Noire.	Grès quartzeux rouge.
Densité	2,65	—	2,75	2,65
Résistance à la compression par cmq. . . . . kg.	1993	2200	2496	2545
Perméabilité	0,0032	—	Nulle	—

En général, on peut façonner ces roches sans difficulté ; le grès d'Alpnach est gras, mais devient un peu glissant par la circulation ; il en est de même du porphyre ; le grès rouge des Vosges est plus dur, âpre au toucher, mais cassant aux arêtes ; ce sont les granits de l'étranger qui se comportent le mieux.

Quant aux dimensions et au dressage des pavés, à la fin de 1908 et sur la proposition de l'inspecteur de la voirie de Zurich, chargé de l'entretien et de la construction des revêtements résistants de la ville, une conférence s'est réunie pour la fixation des dimensions normales des pavés en Suisse et des conditions de fourniture ; toutes les villes importantes de la Suisse allemande se sont fait représenter à cette conférence, et toutes les autres villes de la Confédération ne tarderont pas à adhérer à ses combinaisons.

Ces *dimensions normales* sont les suivantes :

I. — *Pour les pierres d'arrêt :*

Largeur	16 cm.	aucune tolérance.
Longueur minimum. .	30 cm.	
Queue.	20 à 24 cm.	

Le démaigrissement vers le bas sur la longueur et la largeur de tête ne doit jamais dépasser 2 centimètres.

II. — *Pour les pavés de la chaussée (type normal) :*

a) *1re catégorie.*

Largeur : 14 à 16 centimètres, sans tolérance.

Longueur : 20 à 26 centimètres, —

Il doit être livré 10 p. 100 au moins de boutisses ayant 28 à 34 centimètres de longueur.

Queue : 14 à 16 centimètres, sans tolérance.

Le démaigrissement vers le bas ne doit pas excéder 1 centimètre de chaque côté.

b) *2e catégorie.*

Largeur : 14 à 16 centimètres, avec tolérance en plus ou en moins de 1/2 centimètre.

Longueur : 20 à 26 centimètres, avec tolérance en plus ou en moins de 1/2 centimètre.

Il doit être livré 10 p. 100 au moins de boutisses ayant 28 à 34 centimètres de longuer.

Queue : 14 à 16 centimètres, sans tolérance.

Le démaigrissement vers le bas ne doit pas excéder 2 centimètres de chaque côté.

III. — *Pour les pavés de la chaussée (type étroit) :*

Largeur : 10 à 12 centimètres, sans tolérance.
Longueur : 16 à 20 centimètres, —

Il doit être livré 10 p. 100 de boutisses ayant 20 à 24 centimètres de longueur.

Queue : 14 à 16 centimètres, sans tolérance.

Le démaigrissement vers le bas ne doit pas dépasser 1 centimètre de chaque côté.

Les pavés dressés en vue de la 2e catégorie des pavés de type normal ne sont pas admis pour le type étroit.

IV. — *Pour les pavés de trottoir :*

Largeur : 5 à 7 centimètres, sans tolérance.
Longueur : 6 à 10 — —
Queue : 6 à 8 — —

La superficie de la face inférieure doit être au moins la moitié de celle du parement supérieur.

V. — *Pavés de caniveau :*

Largeur : 11 à 13 centimètres, sans tolérance.
Longueur : 12 à 20 — —
Queue : 13 à 15 — —

La superficie de la face inférieure doit être au moins les 2/3 de celle du parement supérieur.

Les dispositions suivantes ont été arrêtées quant à la nature de la roche et au dressage des pavés :

Les pavés doivent n'être pas gélifs, être très résistants, taillés dans une roche saine, uniformément compacte en tous points, solide, mais non cassante ; ils doivent ne présenter aucune partie qui s'effrite et être exempts de fils, moyes, veines ou démaigrissements. Les pavés doivent être équarris sur toutes les faces ; le parement doit être uni, le dessous et les côtés plats, le parement supérieur et la face inférieure parallèles, les arêtes du parement vives.

Les pavés de roches stratifiées doivent être dressés de façon à être posés à plat dans le sens de la stratification.

VI. — *Petits pavés.*

Les pavés doivent avoir un parement uni, qui n'ait pas plus de 8 à 10 centimètres ; la hauteur des pavés doit être uniforme, entre 9 et 10 centimètres. Le parement peut être carré ou polygonal. La longueur des côtés ne doit pas dépasser la hauteur des pavés. Le dessous doit être uni et parallèle au parement ; sa superficie doit égaler les 3/4 au moins de celle du parement. La roche doit n'être pas gélive ; sa structure doit être homogène et la pierre doit n'être pas cassante.

Pour les rues à circulation assez active qui, n'étant pas encore complètement bâties, ne peuvent recevoir, de prime abord, un revêtement définitif, on adopte de plus en plus, depuis quelque temps, les petits pavés de granit, et l'on s'en trouve bien.

Pour rendre les joints plus consistants, on a goudronné ces pavages et obtenu de très bons résultats ; mais il faut renouveler l'opération tous les ans dans les villes où les sabots des chevaux sont armés de crampons durant l'hiver.

Les différents pavages en pierre reviennent aux prix suivants :

Prix par mètre carré, en francs, de pavages.

En	à				
	Genève et Lausanne.	Zurich Winterthur et Bade.	Bâle et Schaffhouse.	Saint-Gall et Coire	Lucerne et Interlaken
Grès quartzeux d'Alpnach (de Seedorf et Weesen).					
Chaussée.	—	14 à 15	13	16 à 17	9 à 10
Caniveaux	—	8,50 à 12	13	16 à 17	9 à 10
Trottoirs.	—	9,50 à 10	—	—	—
D'Allinges (Savoie).					
D'Attalens (Fribourg) ou de Grandvaux (Waadt).					
Chaussée.	10 à 11	—	—	—	—
—	(Sur béton de chaux) : 17				

Granit de la Forêt-Noire.					
Pavés ordinaires. . . .	17	16 à 18	15,50	—	—
Chaussée.					
Petits pavés.	—	9 à 11	9 à 10	10	—
Grès quartzeux rouge des Vosges (Alsace).					
Chaussée.	—	15,50	11,50 à 13	—	—
Porphyre du Tyrol ou de la vallée de Steinach (Bade).					
Chaussée.	—	16	—	—	—
Cailloutis des rivières et lacs.					
Emplois partiels et passages	—	—	—	—	4,50 à 5

Ces prix sont ceux de l'exécution complète du pavage sur sous-sol résistant, y compris l'affouillement. Il faut les augmenter de 1 fr. 50 à 2 francs par mètre carré, si l'on établit une fondation de moellons de 15 centimètres d'épaisseur. Le goudronnage des petits pavés revient à 0 fr. 15 par mètre carré et le rejointoiement en ciment des pavés ordinaires de 2 francs à 2 fr. 80 par mètre carré.

Pour *l'établissement de voies de tramway* dans les rues empierrées ou pavées en pierres, la fondation qu'on a trouvée la mieux appropriée et la plus économique consiste en une assise de maçonnerie sèche en moellons de 25 à 30 centimètres d'épaisseur, avec bourrage des traverses de rails en pierraille de 4 centimètres de grosseur sur une épaisseur de 5 à 7 centimètres. (Voir en annexe le profil normal de l'établissement des voies ferrées dans les rues pavées.) Il y a toutefois lieu de constater que le raccordement des rails avec le pavage, surtout aux aiguillages et aux croisements, offre toujours quelques difficultés, manque de solidité et nécessite de continuelles réparations. Aussi a-t-on adopté, pour certaines places pavées de Zurich, une fondation en béton recouverte d'asphalte liquide sous les rails, système très recommandable au point de vue des économies d'entretien. Pour prévenir le plus possible la pénétration de l'eau

dans le ballast, on a l'habitude de rejointoyer les pavés avec du ciment sur toute la largeur occupée par la voie. On peut admettre que la maçonnerie en moellons, dure, chez nous, de quinze à vingt ans ordinairement.

4. — *Dallage d'asphalte.*

A côté du pavage en pierre, c'est le dallage en asphalte qui, jusqu'à présent en Suisse, occupe résolument le premier rang parmi les revêtements durs ; on se sert surtout d'asphalte comprimé pour les chaussées et presque exclusivement d'asphalte liquide pour les trottoirs. La fondation consiste toujours en un lit de béton, dont l'épaisseur est, pour les chaussées, de 15 à 18 centimètres, suivant l'intensité de la circulation, et pour les trottoirs, de 10 centimètres ; quand la circulation est faible ou moyenne, on coule directement le béton sur l'assiette de la route fortement cylindrée et bien asséchée ; quand la circulation est plus active, on met sous le béton un blocage de moellons de 15 à 20 centimètres. Pour les trottoirs, ce blocage a 8 à 12 centimètres ; à Zurich, on n'établit qu'une fondation en galets de 8 centimètres. (Voir le profil normal joint.) L'inclinaison longitudinale des rues asphaltées peut atteindre 2 p. 100 ; au delà, le revêtement devient glissant et trop dangereux. L'asphalte le plus employé en Suisse est celui du Val de Travers ou de Seyssel, en France ; on en fait aussi venir, mais en moindre quantité, de Lobsann en Alsace et de Sicile. L'épaisseur ordinaire de la couche d'asphalte comprimé des trottoirs est de 4 cent. 1/2 ; celle de l'asphalte liquide des trottoirs est de 2 à 2 cent. 1/2. A Zurich et à Lucerne, dans ces derniers temps, on a fait également des essais sur les chaussées avec de l'asphalte liquide durci, auquel on a donné une épaisseur de 3 cent. 1/2 à 5 centimètres, suivant l'intensité de la circulation. Ce revêtement s'est bien comporté pour les rues à circulation faible ou moyenne et dont la déclivité ne dépasse pas 4 p. 100. Un des principaux inconvénients du dallage d'asphalte réside en ce fait que, par l'effet de la circulation, il s'y produit des ondulations, de sorte que la couche d'asphalte n'a plus une épaisseur uniforme partout et que l'usure et les flaches s'accentuent davantage par endroits. Aussi ce dallage ne convient-il pas très bien pour une circulation intense. On évite mieux ces ondulations en ne recouvrant pas le lit de béton d'une chape de ciment

qui l'égalise parfaitement et en le laissant, au contraire, avec ses aspérités. On ne peut faire de réparations convenables que si l'on opère sur une assez grande surface d'un seul tenant.

Le *raccordement des voies de tramway avec le dallage d'asphalte comprimé* est, chez nous comme ailleurs, un point délicat. Le principal est de donner aux rails l'assiette la plus solide et la plus immuable. A Zurich, dans tous les revêtements durs, on pose les patins des rails sur une fondation de béton recouverte d'un lit d'asphalte, ou bien on les noie dans du béton. A des intervalles de 1 m. 50 à 2 m. 50, les rails sont fixés à la fondation de béton, afin d'atténuer le plus possible la détérioration de la fondation produite par les saccades de roulement des tramways. On fait le raccordement direct des rails avec l'asphalte comprimé à l'aide d'une bande de 2 à 3 centimètres d'asphalte liquide, pour empêcher le plus possible la pénétration de l'eau et les dégradations qu'elle entraîne. Lucerne préfère les plaques de béton armé comme assiette des rails : on a également essayé ce système à Zurich.

Dans les villes suisses, les compagnies de tramways protestent énergiquement contre l'emploi du béton pour l'assiette des voies, en se réclamant d'un rapport du Comité de l'Association des administrations de tramways et de chemins de fer d'intérêt local. Les conclusions positives de cette Association n'ont trait qu'aux rues larges, qui sont rares dans les villes suisses ; pour ces rues, elles peuvent être admises. Mais bien plus importante est pour les services de voirie la question des *revêtements silencieux* dans les rues où ils sont *absolument* nécessaires. Nous sommes d'avis que, dans les rues étroites où doit passer une voie de tramway, il faut absolument s'attacher à établir un revêtement silencieux et à asseoir les rails sur une fondation de béton, tant qu'on ne connaîtra pas de modes d'exécution équivalents ; mais, pour les rues à dallage d'asphalte, nous recommandons d'encadrer les rails de deux rangées au moins de pavés de bois, car la détérioration produite par la trépidation des rails est alors moindre que dans le cas d'un raccordement direct avec l'asphalte.

Différentes villes suisses ont également employé, dans une proportion plus faible, à côté de l'asphalte comprimé et de l'asphalte liquide, des dalles d'asphalte comprimé et ce qu'on appelle des dalles de diplolithe, tant pour le revêtement des chaussées que pour celui des trottoirs. Les dalles d'asphalte

s'obtiennent en comprimant fortement à la presse hydraulique de la poudre d'asphalte ; elles ont une longueur de 20 centimètres, une largeur de 10 centimètres et une épaisseur de 4 cent. 1/2 pour les chaussées et de 3 centimètres pour les trottoirs ; on les pose, comme les autres revêtements d'asphalte, sur une fondation de béton bien profilée. Les dalles de diplolithe sont des plaques carrées de 25 centimètres de côté en béton recouvert à la presse hydraulique d'une couche de poudre d'asphalte de 1 cent. 1/2.

L'épaisseur des dalles est de 4 cent. 1/2 ; la fondation de béton et ce revêtement d'asphalte constituent un tout fortement assemblé. On place les dalles de diplolithe sur une fondation de béton de chaux.

Les dalles, soit de diplolithe, soit d'asphalte, ne se sont bien comportées que dans les rues à circulation légère. Les arêtes s'usent peu à peu comme dans les revêtements à joints, et il se forme des inégalités et des dépressions. Le revêtement de dalles de diplolithe se détériore assez souvent aussi par endroits quand il a pu se glisser dans la poudre d'asphalte des matières étrangères, comme des grains de calcaire, des éclats de bois, etc., qui facilitent l'œuvre destructrice de la circulation et des intempéries. En général, on peut dire qu'on aime beaucoup, en Suisse, le dallage d'asphalte comme revêtement silencieux et agréable et que, dans les conditions qui se rencontrent chez nous, l'asphalte comprimé convient très bien pour les chaussées à circulation moyenne et même lourde, et l'asphalte liquide très bien pour les trottoirs. On n'emploie plus beaucoup les dalles d'asphalte et de diplolithe.

Le prix de revient des revêtements d'asphalte s'établit comme suit :

Prix par mètre carré.

Mode de revêtement et application.	Aarau, Zurich et Bade.	Lucerne.	Saint-Gall.	Genève et Lausanne.
Asphalte comprimé pour les chaussées	18 à 21	23,60	—	17,50
Asphalte liquide durci pour les chaussées . .	18	16 à 23,50	18,50	—
Asphalte liquide : pour les trottoirs . . .	8,50 à 9,50	—	10 à 12	—

Pour les chaussées . . .	17	16,50 à 17	—	15
Dalles d'asphalte pour les trottoirs.	8,50 à 9,50	—	—	—
Dalles de diplolithe				
Pour les chaussées . .	13,50 à 15,50	16	—	15
Pour les trottoirs. . . .	8,50 à 9,50	—	—	—

Ces prix représentent le coût du revêtement complet, y compris le blocage de moellons et le lit de béton. Le dallage d'asphalte comprimé sur l'assiette du tramway revient, pose des rails comprise, à 7 francs ou 7 fr. 50 par mètre carré en plus.

Dans les rues où il existe une fondation en excellent état, les prix ci-dessus doivent être diminués de 1 fr. 20 à 1 fr. 60 par mètre carré. On peut admettre que, dans les conditions normales, le dallage d'asphalte comprimé dure ordinairement de dix à trente ans, suivant l'exposition de la rue et l'intensité de la circulation.

5. — *Pavages en bois.*

Jusqu'à présent, le pavage en bois n'a pas pris beaucoup d'extension dans les villes suisses ; d'une part, en effet, les pavages en bois tendre, peu dispendieux, ne durent pas assez longtemps à cause du climat, et, d'autre part, les pavages en bois dur reviennent trop cher. De plus, comme tous les revêtements à joints et par rapport au dallage d'asphalte, le pavage en bois présente, au point de vue sanitaire, de gros inconvénients, qui s'accentuent surtout avec le bois tendre en raison de la facilité avec laquelle il absorbe l'eau et les détritus. On peut y remédier en partie par des goudronnages superficiels méthodiques, qui consolident en même temps les pavages en bois tendre. On pose le pavage en bois sur une fondation de béton bien profilée, tout comme pour le dallage d'asphalte. Ce lit de béton, sur blocage de moellons de 15 centimètres, a une épaisseur de 15 centimètres, ordinairement, pour une circulation légère ou moyenne, et de 18 à 20 centimètres pour une circulation lourde. (Voir le profil normal ci-annexé.) Les pavés de bois ont une hauteur de 8 à 10 centimètres, des arêtes de parement de 16 à 21 et de 7 à 8 centimètres respectivement ; on les trempe dans le goudron chaud au moment de les poser.

On coule dans les joints, à la surface, du mortier de ciment ou du goudron à demi liquide, et l'on fait un bon recouvrement de sable. Comme bois tendre, on emploie surtout, en Suisse, le bois de sapin rouge du pays ; mais il n'a pas donné de bons résultats, et on l'a remplacé, en plusieurs endroits, par du mélèze (Bâle) ou du hêtre créosoté (Berne) et tout récemment par du bois dur d'Australie, la plupart du temps. Les bois australiens que nous employons sont les bois Karri et Jarrah de l'Australie occidentale, et les bois Tallowood et Blackbutt, de l'Australie orientale. Les premiers n'ont pas répondu complètement à l'attente, car ils s'usent trop vite et irrégulièrement ; les seconds, au contraire, donnent de très beaux revêtements homogènes, mais présentent le double inconvénient de devenir facilement glissants et d'être très dispendieux. On ne peut établir de pavages en bois dur que dans les rues ayant tout au plus une déclivité de 3 p. 100. Ils sont un peu moins silencieux que les pavages en bois tendre, mais ils surpassent, avec ces derniers, tous les autres modes de revêtement sous le rapport de l'insonorité. Le prix de revient des pavages en bois, y compris la fondation), s'établit à peu près comme suit :

Pavés en :		Genève.	Lucerne.	Zurich.
Bois tendre (Système Kerr) . . .	Fr.	17,50	18 à 18,20	19, 20 et 20,45
Bois de Karri et Jarrah	Fr.	30	—	29, 20 et 33,70
Tallowood et Blackbutt	Fr.	—	—	36, 35

De tous les revêtements durs, le pavage en bois est celui qui permet le mieux de *raccorder les rails de tramways avec le revêtement*, de sorte qu'en Suisse, comme dans beaucoup d'autres Etats, on en est arrivé, même avec les dallages d'asphalte, à intercaler au moins une rangée de pavés de bois entre les rails et le reste du revêtement.

A Bâle, la tendance s'accuse, dans ces derniers temps, à revenir au bois tendre indigène, que l'on prend soin d'imprégner ; à Zurich également, on doit faire des essais sur une grande échelle, avec du bois de pin, car les pavages en bois dur ne présentent pas, sur les pavages en bois tendre soigneusement posés et bien entretenus, des avantages assez réels pour justifier leur prix de revient notablement plus élevé. Mais il faut dire, d'une façon générale, que la question des pavages en bois n'a pas encore été tirée au clair en Suisse.

6. — *Revêtements artificiels.*

Parmi les nombreux revêtements artificiels qui ont vu le jour au cours de ces dernières années, nous ne citerons ici que ceux ayant fait l'objet d'essais plus ou moins importants ou généraux dans les villes de la Confédération.

a) La *céramite ou rostolite* est une brique durcie au four, ayant 20 centimètres sur 10 de parement et 7 centimètres de queue, qu'on pose, comme toutes les autres dalles, sur une fondation de béton, en jointoyant avec du sable, comme auparavant, ou avec du mortier de ciment, comme on le fait d'ordinaire maintenant. Pour finir, on répand sur le revêtement du mortier de ciment très liquide, qui comble les joints jusqu'à refus. Dans la plupart des villes suisses, on a fait des essais plus ou moins étendus avec ce dallage, et l'on peut dire que l'expérience a été favorable, même dans le cas d'une circulation intense. Il présente, par contre, l'inconvénient de rendre un son clair assez bruyant. La rostolite nous est venue d'Autriche-Hongrie, mais on la fabrique maintenant à Zurich, dans l'usine de poteries Embrach.

Le prix de revient est :

A Bâle.	de	24 fr.	par mq.	(fondation comprise).
A Baden. . . .	—	25	—	(fondation comprise).
A Saint-Gall . .	—	21	—	(jointoyé avec du mortier sur un pont)
A Genève . . .	—	20	—	(sans la fondation).
A Lausanne . .	—	21	—	(comme à Saint-Gall).
A Zurich . . .	—	23,80	—	(avec rejointoiement en sable).
	—	24,80	—	(avec rejointoiement en mortier).

b) *Le dallage basaltique cimenté de Rob. Kieserling*, d'Altona, est un revêtement sans joints, reposant, comme le dallage d'asphalte, sur un lit de béton avec ou sans blocage de moellons, suivant le degré de solidité du sous-sol. Il se compose d'un mélange de débris de granit et de basalte allant du grain fin au grain moyen et agglomérés en une masse semblable à du béton au moyen d'un ciment spécial. On répand cette masse sur le lit de béton, en lui donnant une épaisseur de 5 à 6 centimètres, et on la pilonne, afin qu'elle fasse bien corps avec la fondation. Les pavés d'échantillon du dallage basaltique

cimenté de Kieserling ont une résistance à la compression d'environ 500 kilogrammes par centimètre carré ; en dehors des avantages communs à tous les revêtements sans joints, celui-ci possède cette supériorité de ne pas devenir glissant et de pouvoir être, par suite, adopté pour les rues à circulation légère dont les déclivités vont jusqu'à 8 p. 100. On n'a expérimenté, jusqu'à présent, ce dallage qu'à Zurich. Il ne convient que pour la circulation légère et moyenne ; il n'a pas donné de résultats satisfaisants dans le cas d'une circulation intense. Le prix de revient, fondation comprise, varie entre 17 et 21 francs par mètre carré.

c) Vulkanol, Lithofalt et pavés au laitier de cuivre. — Ce sont tous de nouveaux produits se présentant sous la forme de dalles appliquées sur une fondation de béton et qu'on n'a utilisés jusqu'à maintenant que sur des sections d'essai. On n'a pas encore de résultats bien concluants, ou bien ces revêtements reviennent trop cher pour la Suisse, en comparaison d'autres qui les valent. Les prix de revient sont les suivants :

Vulkanol à Bâle	Fr.	27	par mq.
Sur 6 cm. d'épaisseur à Zurich	Fr.	27,40	—
Lithofalt à Genève	Fr.	16,50	—
Sur 4 cm. d'épaisseur à Zurich	Fr.	20,30	—
Pavés au laitier de cuivre sur 16 cm. d'épaisseur à Zurich	Fr.	25,40	—

d) On ne trouve chez nous, qu'à l'état isolé des *revêtements de trottoirs en béton*, *des dalles en terre cuite*, *des dalles de béton*, etc., qui n'ont pas pris faveur en général. Ces revêtements sont ordinairement glissants, difficiles à réparer ; ils prennent un vilain aspect avec le temps et ne peuvent pas faire concurrence à l'asphalte liquide, qui est le revêtement de prédilection.

On emploie, à titre exceptionnel, des dalles de granit sur les ponts pour recouvrir les canalisations.

7. — *Conclusions.*

Les développements qui précèdent peuvent se résumer comme suit :

1° Les routes macadamisées avec de la pierraille du pays

ne suffisent, dans les villes suisses, que pour une circulation légère ; en raison des progrès de la circulation automobile, on doit chercher à diminuer par le goudronnage l'usure, ainsi que la formation de la boue et de la poussière qui en résultent.

2° Le macadam en pierraille dure suffit pour les rues des faubourgs à circulation moyenne et représente, en Suisse, un progrès décisif dans la voie de la consolidation des routes. Il convient de continuer les essais d'emploi de goudron dans le corps même des routes.

3° Pour une circulation lourde et à l'intérieur des villes, les revêtements durs sont seuls à même de satisfaire aux exigences ; il y a lieu de donner la préférence aux revêtements silencieux. Pour les rues qui ne sont pas encore bâties ou ne le sont pas complètement, et pour obtenir rapidement un revêtement dur temporaire, nous recommandons d'employer les petits pavés dans la plus large mesure.

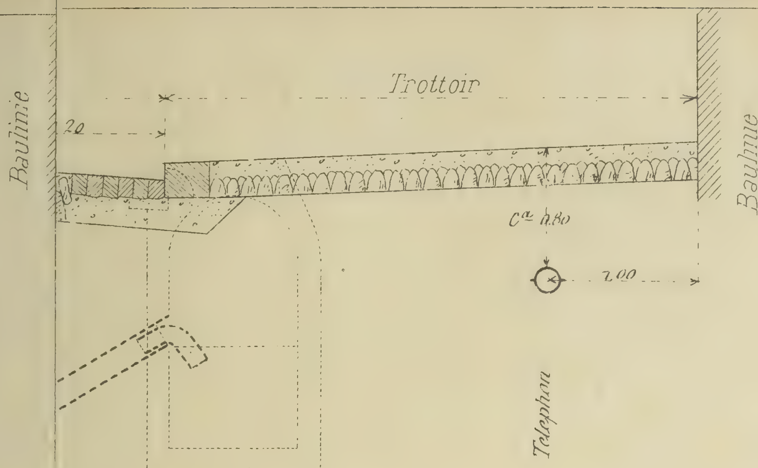
4° En ce qui concerne l'établissement des rails de tramway, le procédé de pose le plus convenable pour les empierrements et les pavages en pierre, consiste en une fondation en maçonnerie de moellons à sec et en un bourrage des traverses avec de la pierraille ; pour tous les autres revêtements, il faut exiger une fondation de béton. Dans les rues étroites où passent des tramways, il faut toujours s'attacher à établir un revêtement silencieux.

5° Pour les trottoirs, quand les ressources ne permettent pas de leur donner un revêtement dur, il convient de goudronner les empierrements. Comme revêtements durs, les mieux appropriés sont le dallage d'asphalte liquide et le pavage en pierre.

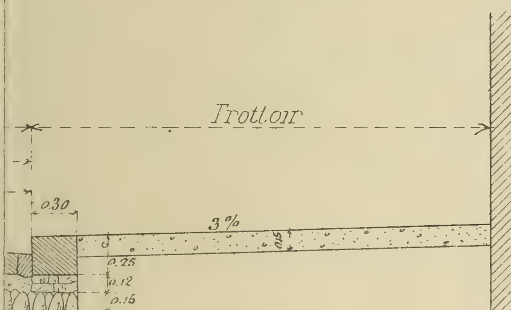
Zurich, Décembre 1909.
VICTOR WENNER.
ARTHUR SCHLAEPFER.

(Trad. BLAEVOET.)

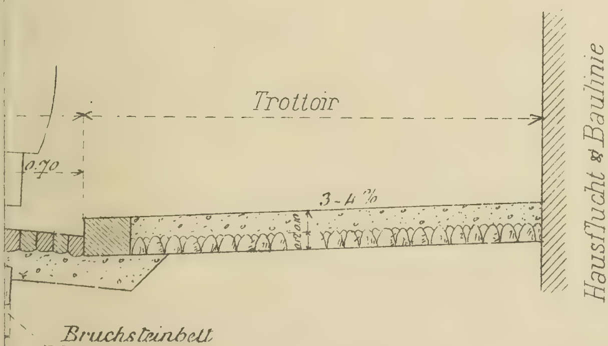
65996. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.



Trottoir
20
Baulinie
Baulinie
Ca 0.80
2.00
Telephon



Trottoir
0.30
3 %
0.25
0.12
0.15



Trottoir
0.70
3 - 4 %
Hausflucht & Baulinie
Bruchsteinbett

65996 _ W

Fig. 1 Charakteristisches Strassenprofil mit Leitungen

Vorgarten | Trottoir | Fahrbahn | Trottoir

Elektr. Lichtkabel | Quellwasserltg. | Brauchwasserltg. | Kanal | Gasleitung | Telephon

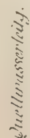




Fig. 2. Basler-Normalprofile für Makadamstrassen (ohne Strassenbahn)

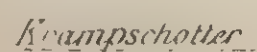
Trottoir | Fahrbahn 6 m | Fahrbahn 10 m | Trottoir

Fig 3 Zürcher-Normalprofile für Makadamstrassen (mit seitlicher Strassenbahn)

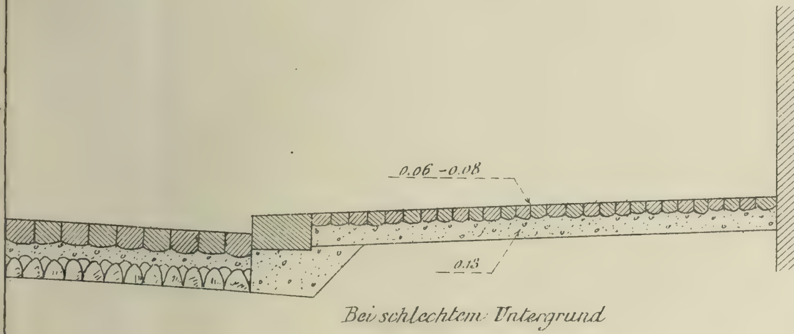
Hausflucht & Baulinie | Trottoir | Fahrbahn | Trottoir | Hausflucht & Baulinie

Wölbg $f = \frac{b^2}{h-1}$

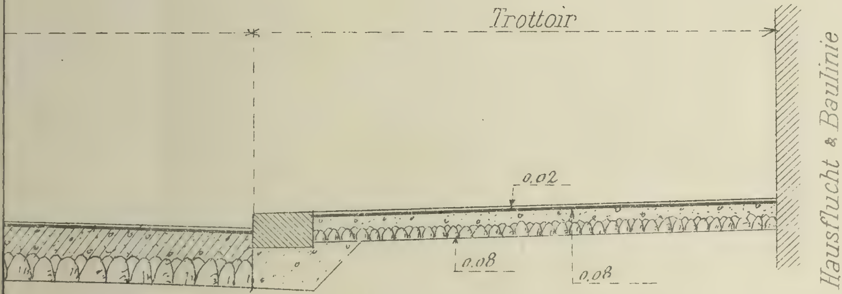
Krampschotter | Bruchsteinbett

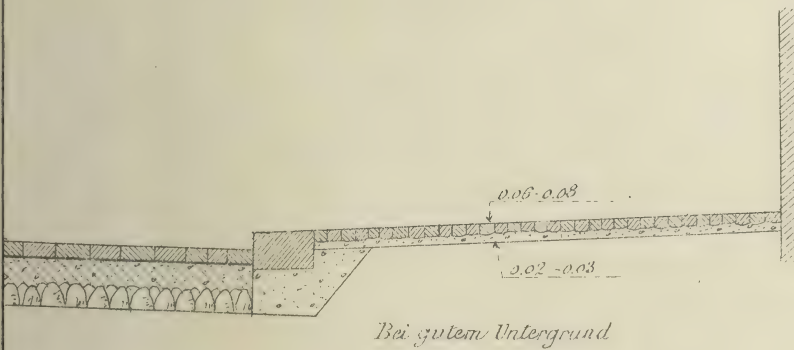


Wenner et Schlaepfer, 5. q

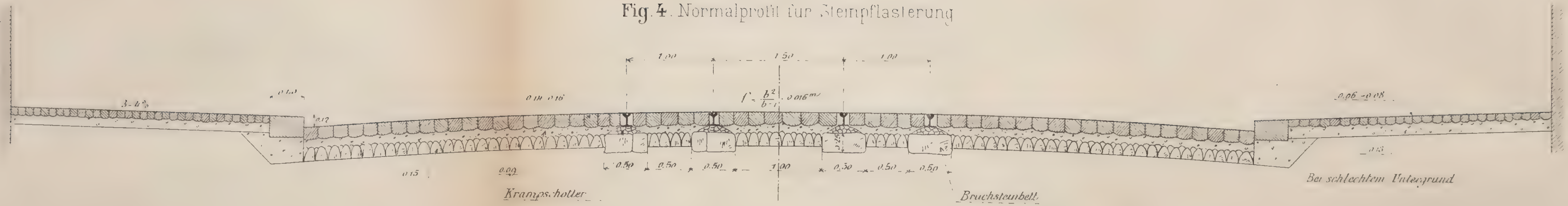


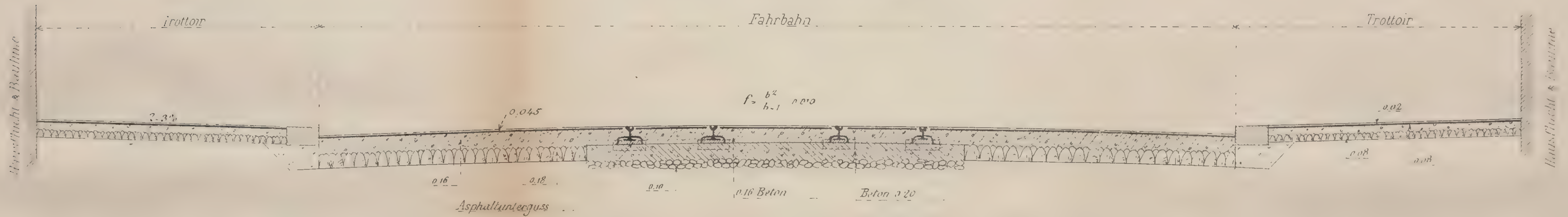
Bei schlechtem Untergrund

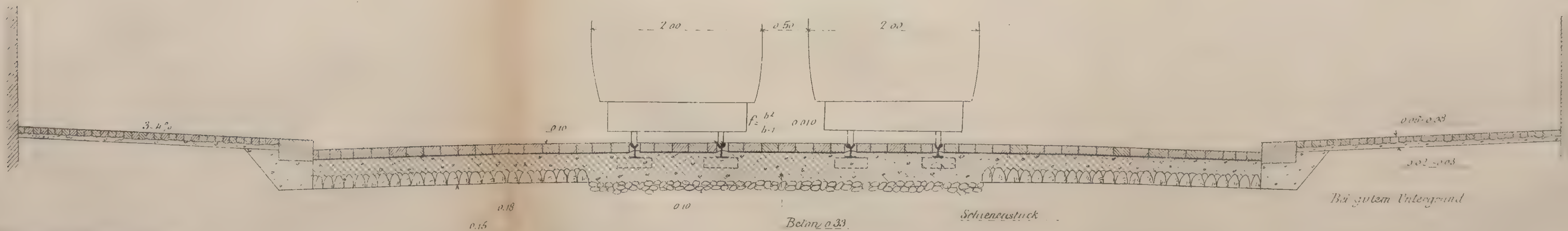




Bei gutem Untergrund


Fig. 4. Normalprofil für Steinpflasterung
Krampschotter
Bruchsteinbett
Bei schlechtem Untergrund


Fig. 5. Normalprofil für Asphaltpflaster
Trottoir
Fahrbahn
Trottoir
Asphaltunterguss
0.16 Beton
Beton 0.20


Fig. 6. Normalprofil für Holzpflaster
Bei gutem Untergrund
Schienenstück
Beton 0.33

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

II[e] CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et entretien
Sous-Section B : Construction et entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION
DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE
ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR
PETERS
Stadtbaurat, Königlicher Baurat, Magdeburg
Président des Rapporteurs :
STEUERNAGEL
Stadtbaurat und Königlicher Baurat, Cologne
VON SCHOLTZ
Stadtbaurat, Breslau
VON MONTIGNY
Stadtbaurat, Aix-la-Chapelle
HENTRICH
Stadtbaurat, Crefeld

Vereinigung der Technischen Oberbeamten
Deutscher Städte

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Exécution des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau

L'énoncé de la question est très général, de sorte qu'il est difficile d'en voir au juste le fond, d'autant plus que le domaine de la technique de l'exécution des travaux de voirie paraît extrêmement vaste. Parmi les travaux d'éclairage et d'adduction d'eau, il faut compter les *installations relatives aux égouts*, qui ne font pas l'objet d'une mention particulière dans le thème proposé : autrement, on ne donnerait pas une étude complète des modes d'établissement sous le corps de la chaussée, des conduites de gaz, d'eau, d'électricité, etc...

Tout en insistant sur l'*exécution* des travaux de voirie, il nous faudra également entrer dans le détail des *projets*; il faut bien, en effet, lorsqu'on dresse le plan de construction d'une ville, s'inquiéter de savoir de quelle catégorie est une route, si elle doit desservir une *circulation active de passage* ou *un trafic commercial intense*, ce qui revient à peu près au même, ou bien si elle ne pourvoira qu'aux paisibles relations entre habitants d'une même rue. De ce point dépendent : la largeur des trottoirs, celle de la chaussée, la pose de rails de tramways, la plantation de rangées d'arbres, la constitution de pistes cavalières et cyclables, le choix du mode d'installation des conduites pour l'éclairage, la pose ou l'exclusion de conduits principaux pour le gaz, l'eau, l'électricité, etc... Plus les travaux préparatoires sont soignés sous ces divers rapports, plus les dispositions du plan de construction apparaissent avantageuses au fur et à mesure de son exécution, bien qu'on ait pu se tromper dans les présomptions qu'on a faites sur l'orientation de la circulation principale. Mais les chances d'erreurs sont minimes quand il s'agit d'avenues bordées de villas ou d'avenues de luxe, surtout si on prend la précaution préalable de les rattacher à un parc et de les

orner de superbes plates-bandes, de bordures de gazon ou de rangées d'arbres et si on y interdit le passage des véhicules de transport en commun, comme les tramways, et surtout des voitures de livraison bruyantes. A cet effet, on peut restreindre la liberté des constructions et, bien qu'on cause par là une dépréciation des propriétés foncières, il ne faut pas ménager les mesures. Il va de soi qu'il faut traiter les rues de 10 mètres de largeur d'une toute autre façon que les avenues de 20 mètres et plus. Encore convient-il d'aménager les rues les plus étroites de façon telle que deux voitures au moins puissent facilement se ranger, afin que, si une voiture s'arrête devant une maison, toute la circulation ne soit pas entravée. On ne doit pas non plus descendre, pour la largeur, au-dessous de 5 mètres. Pour les rues bordées de villas et très retirées des quartiers riches, on peut ne pas exiger cette condition préalable : on peut se contenter de n'y faire passer les voitures que dans *une seule direction*. Dans tout autre cas, il faut se garder de restreindre la largeur de la rue, surtout s'il s'agit d'artères importantes, d'avenues de luxe bordées de monuments, de routes agencées d'une façon originale, grâce aux particularités de leur emplacement ou à des aménagements spéciaux, comme des plates-bandes médianes ou un terrain en bordure pour recevoir les eaux de la marée ou de rivières, etc.

L'exposition des tracés des nouvelles rues de ville donne un aperçu de l'extraordinaire diversité qui s'y rencontre et témoigne aussi de l'attention que prêtent les municipalités allemandes au côté artistique de la construction des quartiers neufs, se souciant tout autant du point de vue *esthétique* que du point de vue pratique et surtout sanitaire.

Sous le bénéfice de ces courtes observations, j'abandonne ce terrain sur lequel d'autres auront fait de nombreuses incursions à l'occasion du Congrès et j'aborde le sujet même de la question, à savoir *l'exécution*.

Il est ici de toute première nécessité d'*occuper toute l'assiette de la route pour l'établissement des canalisations souterraines des égouts, du gaz, des eaux et de l'électricité* et d'utiliser au mieux la largeur disponible. Il faut apporter à ce point capital la plus grande attention : toutes les mesures prises pour l'exécution des travaux de voirie par l'ingénieur de ce service dépendent, en effet, de cette question préliminaire de savoir si les canalisations pourront *sûrement* trouver

place dans le corps de la chaussée. Les autres observations portant sur l'exécution des travaux de voirie pourront être facilement rattachées à cette question qui les englobe presque totalement, en sorte que l'on aura traité à peu près complètement le sujet de la quatrième question en étudiant à fond l'*installation du réseau de canalisations souterraines.*

Généralités sur l'utilisation de l'assiette de la route pour l'installation et la distribution des canalisations sous la chaussée et sous les trottoirs des anciennes et des nouvelles routes.

L'installation et la distribution des conduites d'eau, de gaz, d'électricité et des tuyaux d'égout comptent parmi les affaires pour lesquelles le public s'empresse, avec une prédilection toute particulière d'assaillir les techniciens de leurs conseils. L'établissement n'en paraît-il pas si simple en effet, qu'on ne conçoit pas la raison pour laquelle, par exemple, on ne recourrait pas au moyen le plus facile, qui consiste à mettre toutes les canalisations dans le même tube ou dans la même tranchée? Ne serait-ce pas bien commode, si l'on n'avait qu'à descendre dans une grande galerie qui réunirait toutes les canalisations, pour s'assurer de leur état d'un seul coup d'œil? On n'aurait plus à interrompre la circulation en arrachant les pavés, pour effectuer les travaux d'entretien devenus nécessaires.

Naturellement, c'est dans les cas où l'on se trouve en présence d'un état de choses préexistant, c'est-à-dire dans les vieux quartiers, qu'on rencontrera les plus grandes difficultés; dans la zone d'agrandissement de la ville, on aura le champ libre. Mais il n'en est ainsi qu'en apparence, car il est rare qu'on ait à construire de nouvelles rues de bout en bout, de sorte qu'on ne peut que poursuivre les alignements préétablis. Il faudrait aussi connaître les exigences futures de la construction et de la circulation, et même, si possible, le lotissement des biens-fonds; il faudrait supposer un état de choses déjà réglé et définitif, ce qui n'est pas du tout impossible lorsqu'un entrepreneur ou une société se charge de la construction d'un nouveau quartier suivant un plan uniforme, comme cela se voit dans la banlieue des grandes villes qui ont besoin de s'étendre. Mais, ordinairement, dans l'extension relative-

ment lente et progressive d'une grande cité, il existe assez de tracés de rues déjà pour qu'il ne paraisse ni possible ni nécessaire d'entreprendre d'un seul coup l'exécution des travaux sur toute la zone d'agrandissement prévue, sauf à acheter les maisons ou les terrains qui viendraient à être compris dans l'alignement. Il convient donc d'attendre que le besoin s'en-fasse sentir pour aviser à la construction définitive des routes et pour les doter de canalisations qui resteraient autrement inutilisables pendant de longues années, qu'on ne pourrait d'ailleurs pas installer sans tranchée, qui seraient exposées à une destruction rapide et représenteraient, en tout cas, un important capital improductif.

Comme il est tout à fait exceptionnel qu'on exécute le plan tel qu'il a été prévu pour satisfaire aux conditions définitives, on ne peut attribuer au projet d'établissement des canalisations sur le territoire communal qu'une valeur purement théorique, sans qu'il faille toutefois y renoncer complètement. En tout cas, la pratique conduit à cette conviction qu'il faut encore, dans chaque espèce, étudier le mode d'établissement et ce, non seulement pour les anciennes rues, mais aussi pour les nouvelles!

Si l'on doit s'appuyer sur des principes fermement établis pour le tracé des rues dans un nouveau quartier, il faut aussi envisager la physionomie future du quartier, une fois que les alignements seront réalisés et qu'il sera complètement bâti, c'est-à-dire comment on donnera satisfaction aux besoins de la circulation, de l'industrie, etc., problème difficile dont on ne pourrait bien ne pas toujours trouver la solution exacte. Il faut insister sur ce point que, pour les rues d'un vieux quartier, il n'existe pas de règle dans l'état actuel, et il faut s'estimer heureux que l'on puisse s'arranger à peu près bien avec la situation créée au cours des dix dernières années. Il est rare qu'on réussisse, par exemple à l'occasion de la construction de nouveaux égouts, à remanier les canalisations pour le gaz et pour l'eau : naturellement, par égard pour la circulation et le commerce, on renonce à peu près à une réfection simultanée de tout le système. On se contente de réintégrer la canalisation à son ancienne place; c'est encore le meilleur moyen de surmonter les incroyables difficultés qui résultent notamment des branchements desservant les mai-

sons, et de restreindre au minimum les ennuis causés aux particuliers.

Pose des conduites dans des tubes souterrains, galeries ou « subways ». — Donc difficultés sur difficultés! Il est aisé de songer au collecteur placé au milieu du corps de la chaussée pour recevoir l'ensemble des canalisations, au « subway » bien connu du technicien anglais et qui compte, on le sait, nombre de partisans chez les profanes. En réalité, on n'attribue encore au « subway » qu'une valeur théorique; on peut dire que, si la solution consistant à faire passer toutes les canalisations dans un seul tube souterrain peut paraître réalisable et justifiable pour des villes comme Londres et Paris, c'est la plus coûteuse et, par suite, la moins convenable pour les rues de nos quartiers neufs. On ne peut guère contester l'utilité de ces galeries dans des artères de premier ordre, comme les avenues de Leipzig, de *Frédéric* et de Sous-les-Tilleuls, à Berlin; peut-être est-il permis de songer également à des tubes de moindres dimensions pour les trottoirs. Mais il ne s'agit ici que de cas exceptionnels, alors qu'il faut considérer la situation ordinaire des grandes villes. Les « subways » ne présentent des avantages que si on peut les exécuter sans grand surcroît de dépenses, en profitant de l'occasion offerte par d'autres travaux, comme, par exemple, la réfection des murs de quai et de soutènement, qui a beaucoup facilité l'installation d'un tube de ce genre. Dans une semblable occurrence, il faut reconnaître qu'il y a utilité et avantage à renfermer dans une même galerie toutes les canalisations, à l'exception peut-être de celles du gaz, à cause des dangers d'explosion. Mais, si l'on avait pour but absolument unique d'établir ces galeries, il en résulterait une dépense exagérée. Il faut donc considérer comme exceptionnelles ces installations sous des voies à circulation particulièrement intense, et comme beaucoup plus économique la pose séparée des canalisations de chaque espèce.

Une autre méthode, qui consiste à établir les canalisations d'adduction dans de larges galeries d'égout, en agrandissant leurs dimensions au besoin, comme on l'a fait à Paris, n'a pas été imité autre part. A Dresde, par exemple, d'après les calculs de l'ingénieur en chef Klette, les frais d'installation auraient été quintuplés ou sextuplés si l'on avait voulu donner

aux tubes renfermant les canalisations les dimensions qu'il aurait fallu.

Les égouts de Paris dépassent de beaucoup les dimensions exigibles et sont devenus une des curiosités techniques les plus remarquables de la grande ville : c'est donc une installation de luxe.

Agencement des conduites dans le corps de la route suivant la largeur et la distribution.

On prendra donc une fois pour toutes ses précautions en vue de l'établissement des canalisations dans le corps de la route, eu égard aux conditions normales, ce qui exclut les rues des grandes villes à circulation extrêmement intense, ainsi que toutes autres circonstances exceptionnelles. La question se pose de savoir s'il est plus avantageux au double point de vue de l'installation et de l'entretien, de poser les canalisations sous la chaussée ou sous les trottoirs. Hobrecht a recommandé de s'en tenir le plus possible aux trottoirs : sans doute, par là on évite la démolition profonde des revêtements, dont la réfection occasionne les travaux de réparation les plus désagréables, surtout lorsqu'on est en présence d'une couche d'asphalte comprimé reposant sur un lit de béton. Aujourd'hui, on a complètement changé d'idées et on a posé des principes généraux sur la manière de procéder.

Il faut naturellement que le trottoir ait une certaine largeur minimum pour recevoir l'ensemble des canalisations du gaz, de l'eau, des égouts et de l'électricité, en vue de l'éclairage et des transports d'énergie. La figure *a*) de la planche annexée représente le modèle schématique pour Berlin des dispositions adoptées sous un trottoir de plus de 5 mètres de largeur. La figure *b*) représente la disposition sous des trottoirs moins larges et sous les trottoirs ayant une largeur minimum de 3 m. 50, à titre d'exemple. En général, on observe les principes suivants :

a) On ne place les égouts sous le trottoir que s'il a plus de 5 mètres de largeur.

Si le trottoir a 5 mètres seulement ou moins de 5 mètres, on les laisse dans le corps de la chaussée.

b) On établit les conduites de gaz sous le trottoir si elles

n'ont pas plus de 380 millimètres de diamètre et dans la chaussée, si elles sont de plus grande dimension.

c) On pose les conduites d'eau sous le trottoir, quand les conduites n'ont pas plus de 225 millimètres de diamètre et quand le trottoir a au moins 2 m. 50 de largeur; si les conduites sont plus importantes et le trottoir moins large, on les réserve pour la chaussée.

d) Les canalisations d'électricité, ainsi que les câbles pour les transmissions télégraphiques et téléphoniques sont installés tout près de la ligne des maisons et occupent une bande d'environ 1 mètre à 1 m. 50.

Les câbles des tramways se trouvent tout près de la bordure du trottoir; les câbles pour l'éclairage occupent une place intermédiaire entre les conduites de gaz et les conduites d'eau ou les tuyaux d'égout.

On voit qu'avec cette distribution, toute la largeur du trottoir se trouve absorbée, de sorte qu'il n'y a plus de place pour planter des arbres, même sur des trottoirs de plus de 5 mètres : c'est ce que montre la figure *d*.

A *Breslau*, on a adopté une disposition analogue : elle est représentée, pour des trottoirs de 6 mètres ou de 4 mètres, par les figures *c* et *d*. On pose les conduites de gaz et d'eau sous le trottoir, si leur diamètre ne dépasse pas 250 millimètres, et sous la chaussée, au delà de 250 millimètres.

Les câbles se trouvent tout près de la ligne des maisons : mais, à Breslau, ce sont les câbles pour l'éclairage qui viennent en premier, alors qu'ils ont un rang intermédiaire à Berlin; puis les câbles de transmission télégraphique et téléphonique et, enfin, les câbles de tramways tout près de la bordure du trottoir. Les conduites de gaz et d'eau sont installées les unes auprès des autres.

Les égouts sont dans le corps de chaussée, si le trottoir n'a que 4 mètres, et sous le trottoir, s'il a 6 mètres, et, dans ce cas, tout près de la bordure, disposition qui semble plus avantageuse que celle de Berlin. Nous renonçons à donner d'autres exemples ici; les cas difficiles que nous avons cités peuvent suffire.

Dans d'autres villes, la distribution se fait autrement et sans adopter de règle uniforme : la diversité des conditions et des exigences locales ne rendrait, d'ailleurs, cette règle ni nécessaire ni même applicable, sauf dans les cas assez

rares où l'on pourrait, dès le début, procéder à une installation méthodique.

La difficulté de la pose des conduites augmente naturellement avec l'étroitesse de la route et, par suite, des trottoirs. C'est avec raison qu'on impose le plus possible maintenant une certaine largeur dans les nouveaux tracés, afin de tirer meilleur parti de la profondeur des terrains, de permettre un lotissement plus satisfaisant au point de vue de l'hygiène, en même temps qu'un meilleur rendement pécuniaire.

Il convient aussi, dans le cas où l'on ne peut pas placer toutes les conduites sous les trottoirs, de se demander quelles sont, en principe, celles qu'il vaut mieux laisser dans le corps de la chaussée, et quelles sont celles qu'on réservera pour le ou les trottoirs, car il faut alors procéder au dédoublement?

Quelles conduites doit-on réserver pour la chaussée et quelles conduites doit-on poser sous le trottoir?

Dans les rues des faubourgs, les trottoirs de 4 mètres constituent une exception, car ils correspondent à une largeur de plate-forme de 14 à 15 mètres. On ne peut guère la réduire à moins de 6 ou 7 mètres, en raison de la place nécessaire pour permettre les évolutions de deux camions. Il n'y a donc pas grand espace dans les deux cas. La question décisive pour poser les conduites sous la chaussée ou sous les trottoirs est celle de savoir quelles sont les conduites qui sont le moins sujettes à se détériorer et qui obligent le moins souvent à dépaver? Comme la construction du revêtement de la chaussée entraîne les plus grandes dépenses et que sa démolition occasionne une interruption très gênante de la circulation, il faut poser sous la chaussée, pour être à même d'entretenir économiquement un revêtement coûteux, les conduites qui demandent elles-mêmes le moins d'entretien, c'est-à-dire les égouts collecteurs, les conduites d'eau et de gaz et les canalisations d'électricité.

a) *Egouts.* — Où il y a le moins de danger, c'est avec les gros tuyaux : il est impossible qu'ils s'engorgent et l'on peut prévoir, dans le plan de construction, les branchements et les croisements aux carrefours. On ne peut établir de collecteurs en maçonnerie que dans le corps de la chaussée et

ce en raison de la place qu'ils exigent; quant aux tuyaux en terre cuite, c'est là aussi qu'il vaut mieux les poser, tant que le trottoir n'a pas au moins 5 ou 6 mètres et qu'il n'existe pas une disposition comme celle de Berlin et de Breslau (figures *a* à *c*).

Pour le cas de démolition du pavage nécessitée par des réparations aux tuyaux, la réfection serait plus facile et plus économique avec des tuyaux sous le trottoir. Mais il est extrêmement rare qu'on ait à ouvrir une tranchée pour réparer les branchements particuliers, et plus rare encore qu'on ait à le faire pour réparer les tuyaux sous la rue, de sorte qu'on ne peut guère s'appuyer sur ce motif-là pour poser les tuyaux sous le trottoir. Si la largeur de celui-ci le permet, il n'y a rien à dire, dans ce cas, contre la pose des tuyaux sous le trottoir et le mieux est de les placer tout près de la bordure. Dans les trottoirs de 5 mètres et plus, on verra avec plaisir réserver une bande de 1 mètre pour la plantation d'arbres, à laquelle on attache, avec raison, une valeur particulière dans les quartiers neufs, pour des raisons d'hygiène et d'esthétique, bien que cette idée, actuellement très répandue, conduit à exagérer le nombre des avenues plantées d'arbres et à dessiner pour les routes des tracés schématiques qui auront besoin plus tard d'être rétrécis. Il est à recommander de ne poser aucune conduite sous les racines d'arbres et surtout celles du gaz, car on ne peut empêcher absolument les émanations dangereuses pour la végétation. Les tranchées pour mettre à découvert les tuyaux d'égouts et surtout les conduites d'eau qui peuvent s'être rompues, peuvent également occasionner des dégâts dans les ramifications des racines, de sorte qu'on en viendrait, en définitive, à renoncer complètement aux arbres pour être à même de placer sous les trottoirs de moins de 6 à 7 mètres les canalisations souterraines. Ce serait regrettable pour l'aspect des avenues à faible circulation et il ne reste plus alors qu'à réserver les tuyaux d'égout en général pour la chaussée, disposition peu inquiétante au point de vue pratique et technique, lorsque la pose a été bien faite une fois pour toutes et que les branchements desservant les maisons ont été régulièrement exécutés. Pour les larges avenues plantées d'arbres ou traversant des parcs, dont le tracé est exceptionnel, il n'y a naturellement pas de difficultés à mettre le tuyau principal au milieu, les tuyaux secon-

daires à droite et à gauche, le plus près possible de la ligne des maisons, en raison même des branchements, et à réserver la place nécessaire de chaque côté pour le développement des arbres, alors que, dans les rues plus étroites, des raisons pécuniaires interdisent l'établissement de plusieurs canalisations — deux au moins, et trois, avec la principale si possible.

b) *Conduites d'eau et de gaz.* — Ce qui a été dit des gros tuyaux d'égout, qui doivent forcément être posés sous la chaussée, s'applique naturellement aussi aux conduites principales d'eau et de gaz : mais on peut mettre les conduites secondaires sous les trottoirs. Ce n'est jamais des gros tuyaux principaux qu'on détachera directement un branchement pour une maison, afin de ne pas les exposer à des dangers. Dans le cas de rupture, qui se voit le plus fréquemment avec les conduites principales d'eau, on localisera mieux la tranchée à pratiquer pour les réparations avec des conduites posées sous la chaussée qu'avec celles établies sous le trottoir, car naturellement, dans ce dernier cas, toutes les conduites voisines se trouveront intéressées. Pour cette seule raison, il faut déjà préférer les conduites établies sous la chaussée; de plus, au cas de rupture d'une grosse conduite d'eau ou de gaz, les maisons se trouvent beaucoup mieux préservées d'une inondation des fondations, d'un envahissement des caves ou des sous-sol, des explosions de gaz ou des asphyxies.

Quelques observations encore au sujet de la disposition des conduites secondaires dédoublées desservant les maisons de chaque côté. Il va de soi que les conduites dédoublées (nous n'envisageons ici que les tuyaux en terre cuite pour le gaz et l'eau, les canalisations électriques ayant peu d'importance) ne valent la peine d'être installées, au point de vue *financier*, que si la route a une certaine largeur et si la somme des longueurs des branchements se détachant de chaque côté de la conduite principale dépasse celle de deux conduites latérales secondaires, abstraction faite naturellement de ce fait que les tranchées sont plus faciles et moins coûteuses à pratiquer et que la circulation n'est pas entravée sur une moitié de la rue. C'est là un argument décisif, d'ailleurs. Il est hors de doute que le dédoublement de toutes les canalisations, plus coûteux en soi, n'en est pas moins la disposition la plus commode et la plus économique tant au point de vue de la circulation que des raccordements parti-

culiers : c'est bien pourquoi l'administration des postes et télégraphes a, de préférence, revendiqué pour ses câbles les trottoirs (voir dans la figure *a*, la disposition pour Berlin), En général, pour les rues moins larges des quartiers neufs, il faudra se contenter d'un seul tuyau d'égout au milieu, d'une conduite de gaz d'un côté et d'une conduite d'eau de l'autre côté de la chaussée, et ce par raison d'économie, pour restreindre au minimum les dépenses d'établissement des rues à la charge de l'entrepreneur, que ce soit la municipalité ou un particulier. Pour des rues de 15 à 16 mètres, comme on en trouve le plus souvent dans les tracés de quartiers neufs, il n'y aura pas encore à songer au dédoublement des conduites ; ce seront des considérations d'espèce relativement à l'importance de la circulation actuelle ou future de telle ou telle voie, qui décideront.

Le schéma de distribution des conduites doit être le plus simple possible, comme on le pense bien. Le fait de réserver des trottoirs pour les canalisations électriques n'est pas une gêne naturellement.

A partir d'une largeur de route dépassant 20 à 25 mètres, il vaudra mieux prendre ses mesures pour dédoubler toutes les conduites d'adduction, sauf peut-être les égouts, bien qu'on ne puisse guère donner de règles rigoureuses en la matière, ainsi que nous l'avons dit. Ces règles peuvent très bien paraître applicables pour des grandes villes et même s'ériger en principes, alors qu'elles ne pourraient entrer en ligne de compte pour la grande majorité des autres villes, qui ne peuvent ou ne veulent pas prétendre à la dignité de grandes villes.

D'ailleurs, il convient de revenir sur le cas susvisé d'ouvertures de rues dans des quartiers neufs, où il ne paraît pas possible, dès le début, de construire la rue avec la largeur qu'on avait l'intention de lui donner, où il faut attendre, pour fixer l'alignement, que la rue prenne tournure, et où il reste encore à faire des expropriations. Lorsque la plate-forme de la rue se trouve plus ou moins en contre-haut par rapport aux terrains adjacents, on trouvera des difficultés pour poser les conduites dans les terres fraîchement rapportées, qui ne seront complètement tassées qu'au bout de plusieurs années ou lorsque la rue sera entièrement bâtie ! S'il faut faire des talus ,dont la base ne peut pas empiéter sur l'alignement, on s'interdit par là même d'établir des conduites sous les

trottoirs. On voit qu'en réalité il est exceptionnel qu'on *dispose* les canalisations *selon la règle générale* et qu'on ne peut guère, en général, attribuer qu'une valeur théorique aux modèles établis pour la distribution des canalisations de toutes sortes.

A Breslau, dans les rues dont la largeur ne dépasse pas 16 mètres environ, on a l'habitude de ne mettre qu'un égout au milieu et de disposer *de chaque côté* toutes les autres conduites, sauf dans les rues très étroites : c'est là une règle qu'on ne pourrait guère suivre effectivement pour les quartiers neufs que dans des circonstances absolument avantageuses! Conformément aux développements qui précèdent, pour beaucoup *d'autres* villes, on peut renoncer, sans hésiter, à poser des règles de ce genre, à fixer d'avance une largeur pour les rues en perspective, ou bien les dimensions des conduites d'eau et de gaz (par exemple, le profil normal, comme à Berlin) d'une part pour celles qui doivent être posées sous le trottoir et d'autre part pour celles qui doivent être incorporées à la chaussée, parce que tout cela est superflu et même souvent irréalisable. Pour les grandes villes, il convient toutefois de prescrire une certaine distribution des conduites dans le corps de la chaussée, en ce sens qu'il y a intérêt, pour les rues à circulation intense, à prévoir dès le début l'ordre d'installation, afin de mettre empêchement par avance à tous les vœux ou à toutes les prétentions des autorités, des administrations ou des particuliers.

On fait observer qu'il est regrettable qu'il ne reste plus de place pour planter des arbres dans les rues des grandes villes, même lorsque les trottoirs ont plus de 5 mètres. Et même, on ne laisse pas le moindre espace pour l'extension du réseau de canalisations. Il convient d'envisager les progrès constants de la technique des constructions municipales : il n'y a qu'à songer au chauffage central de pâtés de maisons tout entiers (qui n'est pas encore installé chez nous), aux conduites spéciales pour eau potable à côté des conduites d'eau pour les usages ordinaires, aux tubes pneumatiques, etc., pour lesquels il faudra peut-être étudier dans l'avenir une disposition autre que celle actuellement adoptée.

L'établissement dans la chaussée paraît à coup sûr le plus avantageux, non seulement pour les égouts, mais aussi pour les canalisations télégraphiques et téléphoniques avec enveloppes

protectrices, pour les câbles conducteurs de courants de haute fréquence, également munis de manchons de fer, pour les tubes pneumatiques des postes, et autres semblables qui n'exigent pas souvent qu'on ouvre des tranchées. Il n'y a que de cette façon qu'on peut poser sous le trottoir des conduites, pour lesquelles il est désirable que le revêtement soit moins solide, afin qu'on puisse procéder plus rapidement aux réparations, aux remplacements, aux raccordements fréquents et surtout aux inspections; il convient aussi d'y *réserver le plus de place possible pour les conduites qu'on peut prévoir dans un certain avenir.* En principe, toutes les canalisations pour lesquelles on a besoin d'ouvrir des tranchées dont souffre la circulation — les explications précédentes indiquent suffisamment celles dont il s'agit — doivent trouver place dans la chaussée, où elles ont un gîte paisible, que ne viennent pas troubler les accidents survenus à leurs voisines.

Pose en étages des conduites les unes par rapport aux autres. Mesures de sécurité à prendre. — Pour l'installation des divers tuyaux dans le sous-sol et pour leur distribution en profondeur, il convient de faire observer que les égouts doivent naturellement occuper le fond, puisqu'il faut le plus possible avoir égard à l'assèchement des caves ainsi qu'au niveau de la canalisation principale d'amenée. Pour le reste, il n'y a besoin que de profondeurs bien moindres : pour les câbles, on se contente d'un minimum. Mais chacune des canalisations posées les unes à côté des autres se trouve à un étage différent. C'est pourquoi il est avantageux que l'ouverture de la tranchée profonde pour l'égout ne fasse courir aucun danger aux conduites qui se pressent sous le trottoir et dont la pose nuit toujours au bon état du sous-sol, malgré le pilonnage de la terre et l'assèchement le plus scrupuleux.

On n'évitera jamais les affaissements, surtout si le sous-sol est de constitution inférieure; quel grand danger court dès lors une grosse conduite distante de 1 mètre ou 0 m. 50 du bord d'une tranchée profonde de 2 et 3 mètres au plus ouverte pour l'installation d'un égout! Par la rupture d'une conduite d'eau, toutes les terres ambiantes se trouveront atteintes, de sorte qu'il faudra pratiquer les fouilles les plus considérables! Ce sont là des faits d'expérience bien connus, qui auraient dû conduire à une distribution des canalisations *en chaussée* toute autre que celle qu'on voit dans les rues des grandes villes.

Il faut chercher uniquement la cause de la préférence qu'on manifeste pour les trottoirs et pour l'installation au niveau le plus bas des conduites de décharge, dans l'établissement de plus en plus courant d'une fondation en béton pour les revêtements des chaussées en asphalte comprimé, en pavés de bois, etc. : s'il faut pratiquer des tranchées, avec tout leur cortège de conséquences, l'ingénieur qui a présidé aux constructions profondes jouit d'une sécurité idéale en évitant, le plus possible, ces fouilles dans la partie de la route qui a coûté le plus cher!

Quelle place faut-il choisir pour les *conduites d'eau*, une fois qu'on a jugé avantageux ou nécessaire de les mettre sous le trottoir : c'est là un point à peu près indifférent. En cas de rupture des conduites, les fondations et les caves peuvent être aussi facilement inondées, que les conduites soient plus ou moins distantes de la ligne des maisons, d'autant qu'il s'agit d'un écart infime de 1 mètre environ.

Par contre, il ne faut jamais trop rapprocher les *conduites de gaz* des fondations des maisons : l'expérience a montré, en effet, qu'on ne peut pas arriver à une étanchéité absolue des tuyaux et que, grâce à leur perméabilité relative, il n'est pas impossible, surtout par les temps froids, que le gaz s'échappant se trouve attiré des régions froides de la route vers les sous-sols plus chauds des habitations. D'autre part, on sait que les arbres ne se développent que si on laisse libre la partie du sous-sol qu'ils occupent, c'est-à-dire la zone voisine du trottoir. Si l'on songe qu'on a l'habitude de revêtir cette zone, non pas d'un pavage, mais de gravier ou de mosaïque perméable, alors que le reste du trottoir est recouvert de béton, puis d'asphalte constituant un revêtement imperméable, on voit qu'il est naturel que les émanations de gaz se frayent un chemin vers les couches plus pénétrables, c'est-à-dire *vers la zone plantée*, de sorte que les racines se trouvent tout de suite atteintes. Admettons que l'on puisse avoir des conduites de gaz parfaitement étanches; n'est-ce pas encore la partie non pavée qui permet le mieux l'aérage du sous-sol! Il ne peut donc être question de mettre les conduites de gaz sous les arbres. Si les circonstances le permettent, il sera même préférable de les en éloigner le plus possible : l'horticulteur n'y est pas seul intéressé; au surplus, l'action néfaste d'une conduite de gaz dans le sous-sol, d'ailleurs toujours infecté,

d'un trottoir pourrait bien être exagérée et ne pas compromettre la végétation des racines des arbres quand on prend des précautions particulières pour la pose. Il faut ajouter que les arbres sont plantés à des intervalles de 10 à 12 mètres, alternant avec des réverbères, qu'il est bien nécessaire de mettre au bord du trottoir pour qu'ils éclairent la chaussée. Ces réverbères ne sont distants des arbres que de 5 à 6 mètres et l'expérience a montré que les branchements sont plus perméables que les conduites vitrifiées et qu'ils occasionnent plus souvent encore l'infection du sous-sol.

D'ailleurs, ce n'est pas seulement au point de vue des arbres que l'on fait bien de veiller dans tous les cas à ce que le sous-sol situé sous la partie pavée du trottoir soit bien aéré. Avec le lit de béton qu'on adopte de plus en plus pour le pavage en asphalte ou en bois sur toute la largeur des chaussées. il est indispensable de ménager une certaine portion du trottoir qui soit pénétrable, et, par suite, de ne pas lui donner partout un revêtement imperméable. Dans les grandes artères, en principe, on encadre autant que possible, sur les trottoirs, le chemin en asphalte liquide ou comprimé sur lit de béton de deux bandes latérales de mosaïque sur lit de gravier, afin de permettre aux émanations de gaz de s'échapper librement et d'empêcher qu'elles ne se frayent un chemin par les caves.

Au-dessus des conduites de gaz de gros diamètre, qui sont recouvertes par le béton de la chaussée et, par suite, complètement enfermées, il convient de poser, de distance en distance, ce qu'on appelle des « évents » qui permettent de reconnaître immédiatement que la conduite souterraine n'est plus étanche et qu'elle doit avoir quelque avarie. Les développements précédents contiennent l'essentiel en matière de distribution des conduites sous les voies urbaines.

Mesures prises en vue de prévenir les arrachements du revêtement. — Il faut revenir encore brièvement sur un côté pratique de la question, qui est d'actualité pour les municipalités parce qu'il n'a pas encore complètement disparu de leur ordre du jour, celui de savoir quelles mesures il convient de prendre pour éviter les « fouilles » si mal accueillies du public en vue de réparer les canalisations coûteuses? De ce que nous avons dit, il peut ressortir suffisamment qu'il

est tout simplement impossible de laisser idéalement intactes, même pendant une période limitée, les canalisations souterraines. Elles sont plus ou moins sujettes à se détériorer; plus elles restent sous terre, plus il devient indispensable de les remplacer, et par suite, de faire une tranchée. L'eau et le gaz exercent également une action très nocive sur l'intérieur des conduites. Si l'on ajoute les tassements des terres rapportées, qu'on cherche à empêcher en plantant des pieux d'étayage ou dont on essaye de prévenir les effets par le choix de conduites extrêmement résistantes, de tubes d'acier, par exemple, si l'on tient compte aussi des nouveaux branchements et des perforations qui sont inévitables, on voit que les bouleversements sont continuels. L'ingénieur de la voirie sait parfaitement qu'il lui faut tenir compte de ce qu'en raison de l'insuffisance des fonds, on a coutume de rendre responsable des ruptures de conduites de gaz et d'eau, le service des constructions d'égouts, bien des années encore après l'achèvement de ces derniers, et quoique persuadé qu'on soit que la tranchée a été consciencieusement comblée et la terre fortement pilonnée! Si simple que puisse paraître la pose des canalisations pour le profane, elle n'en donne pas moins toujours beaucoup à réfléchir. Facile à résoudre en théorie, le problème de la pose de nouvelles canalisations sous les voies urbaines, surtout sous celles des vieux quartiers, se complique toujours de l'examen des conditions locales et d'autres circonstances; les instructions modèles données pour l'entretien des canalisations déjà existantes, pour les remaniements ou les substitutions en vue du plus grand perfectionnement possible, ne peuvent pas recevoir la moindre application, en général!

Plan de travaux. — On conçoit bien qu'on peut réussir, *dans les grandes villes*, à éviter les dépavages qui ne sont pas nécessaires, en élaborant avec soin un plan de travaux pour les constructions souterraines prévues dans chaque exercice; ce plan, établi après consultation de toutes les administrations intéressées doit être considéré comme obligatoire pour celles-ci; il doit également donner une ligne de conduite aux riverains des rues visées, qui ont à présenter en temps voulu leur demande de raccordement, sous peine d'avoir à subir des désagréments. comme par exemple, une taxe spéciale en raison du surcroît de dépenses occasionnées dans l'entretien des conduites par leur démarche tardive.

A Dresde particulièrement, on a pris, sous ce rapport, des dispositions typiques, réglant autant que possible pour toute l'année les travaux de voirie, toujours extrêmement gênants pour la circulation, de façon à obliger d'une part les administrations intéressées à agir en conséquence, et de façon à tenir, d'autre part, le plus grand compte des intérêts des riverains, des époques des processions et des foires annuelles, du va et vient des fêtes de Noël et des facilités fournies par les vacances scolaires, pour les rues à proximité des écoles.

Il n'est pas douteux qu'on supprime ainsi bien des désagréments qu'on peut éviter. Mais, naturellement, on n'envisage pas les démolitions du revêtement qui ne rentrent pas dans le programme, celles, par exemple, qu'entraîne la rupture de conduites souterraines et qu'on ne peut prévoir: c'est malheureusement la très grande majorité! Toujours est-il que la répartition préalable des travaux par le service intéressé constitue un avantage, en ce sens que c'est le seul moyen d'éviter en partie les désagréments ultérieurs.

Aménagement des rues déjà existantes. — Comme nous le faisions remarquer dans l'introduction, nous avons actuellement traité un grand nombre des points intéressants au point de vue technique, que comporte le libellé de la question IV. Comme rentrant également dans cette rubrique, nous devons encore présenter quelques observations complémentaires au sujet du mode d'exécution dans les rues *déjà construites* qui ont besoin d'une réfection. Il est rare qu'on ait à procéder à une réfection complète, avec remaniement de la distribution de la chaussée et des trottoirs. La chose peut être nécessaire, par exemple, pour établir un tramway. Lorsqu'on a choisi un revêtement qui exige un lit de béton sur toute la largeur de la chaussée, comme, par exemple, l'asphalte comprimé, il faut vérifier scrupuleusement l'état des tuyaux et des câbles. Il faut remplacer radicalement, et en temps voulu, les conduites détériorées, surtout celles du gaz et de l'eau; au besoin, il faut faire une installation neuve, afin de n'avoir pas à craindre avant longtemps l'ouverture de tranchées dans le revêtement dispendieux.

Aménagements provisoires. — Pour réduire au minimum les tassements inévitables qui accompagnent la pose de canalisations souterraines et pour assurer, autant que possible, l'in-

tégrité du revêtement de luxe, il est à recommander de n'établir ce dernier que lorsque les charrois destinés aux bâtisses ont pris fin, que tous les raccordements desservant les habitations sont achevés et qu'on est entré, en un mot, dans la période de calme. Si l'on fait un empierrement, un macadam ou autre aménagement, ce revêtement provisoire doit servir comme tel le plus longtemps possible, pour être utilisé plus tard comme fondation du revêtement définitif. Dès que le besoin s'en fera sentir, après une période plus ou moins longue, on nivellera les inégalités du revêtement primitif et on procédera à l'établissement de la couche supérieure sans grand surcroît de dépenses.

Au lieu de constituer une fondation de béton sous le revêtement de la chaussée, pavés ou asphalte, on a obtenu d'excellents résultats (à Magdebourg, par exemple), avec des prismes de béton (proportion du mélange : $1 \times 3 \times 5$) de 17 centimètres de hauteur, 25 centimètres de largeur et 30 centimètres de longueur, posés sans aucun liant sur la forme mise au profil. L'établissement n'exige aucun aménagement spécial et peut facilement être effectué à pied-d'œuvre. Dans le cas de réparations aux canalisations ou d'autres travaux semblables, il n'y a qu'à arracher à l'endroit voulu les prismes simplement posés sur le sable à joints ouverts et à les remettre en place une fois l'opération terminée. Par rapport au lit de béton, qui, comme on le sait, met deux ou trois semaines à prendre en une masse solide, l'établissement d'une fondation en prismes qui sont tout préparés d'avance, permet de gagner beaucoup de temps quand il faut démolir le pavage : cet avantage est d'autant plus précieux que la circulation ne peut pas souffrir d'aussi longues interruptions. L'emploi de *dalles en béton et asphalte*, formées de dalles de béton sur lesquelles on a fixé par compression humide de la poudre d'asphalte, offre également l'avantage de rendre indépendant du temps et de simplifier dans sa confection le revêtement en asphalte comprimé. L'expérience a, d'ailleurs, montré que la circulation ne tarde pas à faire disparaître les joints des dalles d'asphalte, au point qu'on finit par ne plus pouvoir guère distinguer ce revêtement de celui qui est formé d'asphalte comprimé uniformément établi.

Plantations d'arbres. — Il convient de noter qu'en général

il vaudrait mieux s'abstenir de planter des arbres sur les voies urbaines dont les trottoirs ont moins de 5 mètres de largeur; par exception, on pourrait faire une réserve pour les rues des faubourgs et pour celles où la circulation est faible et où les maisons ont un jardin compris dans l'alignement.

Les intervalles entre les arbres dépendent de l'essence choisie et varient entre 7 et 10 mètres. On préfère les arbres à petite tête pour les trottoirs de 5 à 6 mètres, les arbres à grosse tête pour les promenades et les trottoirs plus larges et pour les rues où les propriétés comportent sur le devant de *grands* jardins, dont la végétation n'aura pas à souffrir.

Quant au choix des essences d'arbres, nous n'avons pas besoin d'entrer dans les détails. En général, le soin de l'embellissement des rues par des arbres ou des plates-bandes est confié au service des jardins publics. Il appartient au service des constructions souterraines de creuser les trous pour y mettre des arbres et de les entourer d'un treillage, et au service des jardins publics d'apporter le terreau, de planter les arbres et de faire le nécessaire pour procurer aux riverains le bénéfice d'une avenue ombreuse.

Côté esthétique. — Le côté esthétique de la construction des rues, si l'on fait abstraction, naturellement, de leur belle ordonnance générale et des squares et parcs, n'a ici qu'une importance secondaire en comparaison de celle que présentent les mesures prises pour établir les raccordements desservant les maisons de la façon la plus satisfaisante sous le rapport de la commodité comme sous celui de l'hygiène dans la partie du trottoir qui touche à la façade des propriétés. Mais il faut, néanmoins, se préoccuper, en définitive, de disposer également de la façon la plus esthétique tout ce qui doit être installé sur les trottoirs, poteaux pour les becs de gaz et les becs électriques et pour les tramways, logettes de transformateurs, fontaines, colonnes d'affichage, etc., qui, avec les arbres, empêchent la circulation sur une bande de trottoir relativement considérable, dont la largeur peut aller jusqu'à 1 m. 50, qui sont loin d'embellir la rue et doivent, pour ce motif, être réduits au minimum. En particulier, les installations pour l'éclairage et pour les tramways ont une telle

importance pour l'aspect des rues de nos grandes villes, qu'on aurait raison de les confier, en principe, à des techniciens possédant une *culture artistique.*

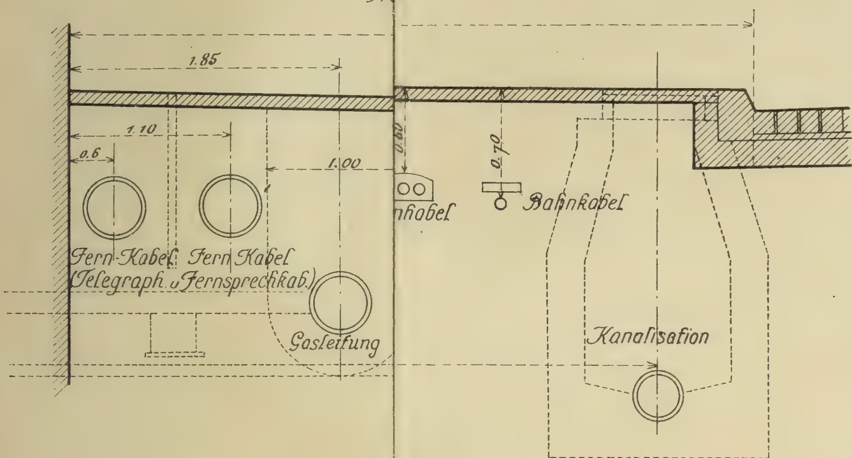
PETERS,
Stadtbaurat, Königlicher Baurat, Magdeburg
Président des rapporteurs :
Steuernagel
Stadtbaurat und Königlicher Baurat, Cologne
Von Scholtz
Stadtbaurat, Breslau
Von Montigny
Stadtbaurat, Aix-la-Chapelle
Hentrich
Stadtbaurat, Crefeld.

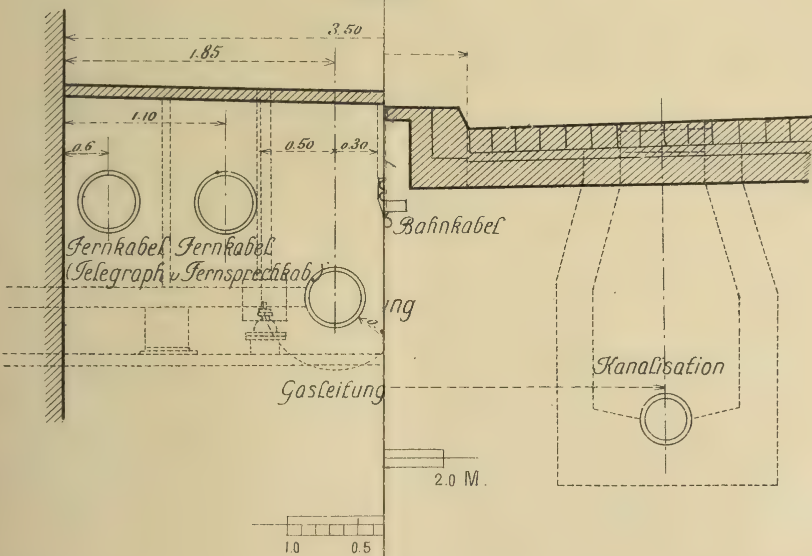
Für die Vereinigung der Technischen
Oberbeamten Deutscher Städte
I. A.
Stadtbaurat Steuernagel
Königl. Baurat.

(Trad. Blaevoet.)

65700. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

n.





65700

ort Peters, Sternernagel, etc... 6.e Question.

Die Unterbringung der Rohrleitungen in den städtischen Strassen.

a und b nach Berliner Anordnung. c und d nach Breslauer Anordnung.

Abbildung a.

mehr als 5.0
1.85
1.65
0.75
1.10
0.6
1.00
0.50
0.60
Fern-Kabel. Fern Kabel
(Telegraph u Fernsprechkab.)
Licht Kabel
Bahn Kabel
Gasleitung
Wasserleitung
0.30
Kanalisation

Abbildung c.

6.00
2.90
2.10
0.70
0.80
0.80
0.60
0.70
Licht Kabel
1.00
1.40
1.50
Fernkabel
Bahnkabel
Gasleitung
Wasserleitung
5.30
Kanalisation

Abbildung b.

3.50
1.85
0.75
1.20
1.10
0.6
0.50
0.30
0.60
0.60
0.70
Licht-Kabel
Bahnkabel
Fernkabel Fernkabel
(Telegraph u Fernsprechkab.)
0.3
Gasleitung
0.3
Wasserleitung
Kanalisation

10 05 0 10 20 M

Abbildung d.

4.00
2.90
2.10
1.60
0.70
1.00
0.80
0.80
0.70
Lichtkabel
Bahnkabel
1.40
1.50
Fernkabel
Gasleitung
Wasserleitung
5.30
Kanalisation

10 05 0 10 20 M

65700

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR

RICHARD LEMEUNIER
Ingénieur en chef, Directeur de la voirie de la Ville d'Anvers

ET

PAUL DE HEEM
Ingénieur des Ponts et Chaussées
Chargé du Service spécial des études de l'aménagement de la banlieue d'Anvers

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE VOIRIE D'ÉCLAIRAGE ET D'ADDUCTION D'EAU

Anvers est une ville de 323 900 habitants (au 31 décembre 1908), non compris les faubourgs, située toute entière sur la rive droite de l'Escaut. C'est un port de mer très important. Pour en donner une idée, nous dirons que le trafic maritime a atteint en 1908 :

Navires de mer (6 135) à l'entrée : 11 051 644 T Moorsom;
— (6 162) à la sortie : 11 101 015 T Moorsom.
Bateaux d'intérieur (37 359) à l'entrée : 7 505 244 tonnes de 1 000 kg
Bateaux d'intérieur (35 997) à la sortie : 7 212 367 tonnes de 1000 kg

Bien qu'Anvers soit principalement un port de transit, il n'en est pas moins vrai que le transport par terre y est considérable, que les charges qu'on y véhicule sont énormes et que, par suite, la voirie y joue un rôle très important.

Au point de vue topographique, Anvers est une vaste plaine, dont le point culminant se trouve à la cote (+ 11,00) environ (11 mètres au-dessus du niveau moyen des basses mers de vives-eaux à Ostende) et son point le plus bas à la cote (+ 3,50) seulement. Le niveau moyen du sol y est sensiblement à la cote (+ 6,50).

L'Escaut, qui fait communiquer Anvers avec la mer du Nord, est un fleuve à marée. Son bassin hydrographique est peu étendu. Toutefois, devant la ville, l'importance du fleuve est telle que sa largeur est de 400 mètres environ (à marée basse); les quais en rivière ont une profondeur accostable de 8 mètres.

L'amplitude moyenne de la marée ordinaire est de 4 m. 29 environ et la marée haute ordinaire atteint la cote (+ 4,20).

La plus haute marée connue (12 mars 1906) a atteint la cote (+ 7,05) devant la ville inondant les quais et les rues voisines.

*

* *

Dans toutes les grandes villes, la question de l'ouverture des chaussées, pour la pose et les réparations des diverses canalisations d'eau, de gaz, d'électricité, d'égout, etc., soulève des problèmes divers, mais à Anvers elle se complique par le fait que le réseau d'égouts y est peu profond et que les distributions d'eau potable, de gaz et d'électricité sont exploitées par trois compagnies concessionnaires distinctes. En outre, Anvers se trouve à la veille d'une transformation et d'une extension qui fera époque dans son histoire.

Les lois des 30 mars 1906 et 18 août 1907, qui décrètent la démolition de l'enceinte fortifiée d'Anvers à partir du 31 décembre 1909, convertiront presque subitement en terrains à bâtir une grande partie du territoire — plusieurs milliers d'hectares — des quatorze communes comprises dans la nouvelle zone d'expansion.

En faisant abstraction de la partie maritime, la superficie de la nouvelle agglomération sera de 7 800 hectares environ, alors qu'actuellement la superficie de la zone à l'intérieur de l'enceinte existante n'est que de 1 930 hectares (non compris les bassins du Nord).

Le moment semble donc venu d'étudier de très près, non seulement la question de la reconstruction du réseau d'égouts qui sera insuffisant, mais aussi celle d'une voirie pratique et moderne, satisfaisant à la fois aux règles de l'hygiène publique et de l'esthétique des villes. On aura surtout à se préoccuper de créer de nouvelles artères et d'élargir des routes anciennes, pour assurer, tant vers l'intérieur que vers l'extérieur de la ville actuelle, la circulation d'une population qui, d'après les calculs les moins optimistes, dépassera probablement 1 million d'habitants avant un quart de siècle.

C'est ainsi que nous avons été amenés à entreprendre l'étude de la meilleure appropriation du sous-sol des boulevards et des rues pour l'installation des canalisations diverses et du mode d'exécution des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau.

Le plus grand défaut de la méthode utilisée jusqu'ici à Anvers et dans la banlieue, par les diverses administrations et sociétés qui exploitent les différentes distributions, c'est qu'elles agissent sans la moindre entente et ouvrent successivement, souvent à quelques jours d'intervalle, les rues et les places publiques. C'est en vain que la ville d'Anvers a essayé d'amener cette entente, à laquelle il est très difficile d'arriver à cause des responsabilités que les compagnies peuvent encourir pendant les travaux de réparation. La conséquence en est que les voies publiques sont constamment encombrées et restent défoncées.

Le coût global de tous les travaux de voirie, dont plusieurs font incontestablement double emploi, s'élève à des sommes considérables.

En présence de l'impossibilité pour les compagnies d'exécuter en même temps leurs travaux de raccordement ou de réparations, ce que l'on a pu faire de mieux jusqu'ici à Anvers, pour éviter les démontages fréquents et successifs des chaussées, c'est d'aviser quelques mois à l'avance, par circulaire, les propriétaires et les compagnies intéressées de l'exécution des travaux projetés et de les inviter à effectuer, au préalable, les raccordements aux diverses canalisations et éventuellement de placer les canalisations nouvelles ou de réparer les anciennes, etc.

Beaucoup de propriétaires donnent suite à cette invitation, et les compagnies font de leur mieux pour seconder les efforts de la ville. Mais, malgré tout, il arrive encore souvent que les pavages ou dallages neufs sont à peine terminés, qu'il faut les ouvrir, soit parce qu'un immeuble devient vacant dans l'intervalle et que le nouveau locataire demande le raccordement à la distribution d'eau, du gaz ou de l'électricité, soit parce que les compagnies, faute de recevoir leur matériel en temps utile, se trouvent dans l'impossibilité de s'exécuter.

Afin que l'on puisse juger de l'importance des démontages des rues, nous croyons utile de donner ci-dessous un tableau renseignant, pour la ville d'Anvers, et pendant les cinq dernières années, le nombre de tranchées ouvertes sur la voie publique par les diverses compagnies et par les particuliers, pour les raccordements d'égout, de gaz, d'eau, d'électricité, etc.

Nous avons également mentionné dans ce tableau les repavages exécutés lors de la mise souterraine du réseau téléphonique.

VILLE D'ANVERS

Tranchées ouvertes pour raccordements aux égouts, canalisations de gaz, eau, électricité, etc.

Années.	Intéressés.	Nombre.	Repavage de route. m².	Repavage de trottoir. m².	Redallage de trottoir. m².	Redressement de bordures. m. cts.
1904	Cie du Gaz	3054	9522,60	2870,25	635,40	—
	Cie des Eaux	2381	9516,93	1642,81	483,21	—
	Cie .lectrique	546	4667,22	6552,53	3038,86	29,00
	Particuliers	1697				
	Téléph. et Télégr.	—	—	—	—	—
	Cie des Tramways	—	—	—	—	—
1905	Cie du Gaz	3117	7895,50	2879,85	512,15	—
	Cie des Eaux	1755	6248,14	1541,15	382,55	4.50
	Cie Électrique	858	5166,39	4640,44	2295,73	87,40
	Particuliers	1074				
	Téléph. et Télégr.	—	—	—	—	—
	Cie des Tramways	—	—	9,66	37,04	—
1906	Cie du Gaz	3084	10409,35	3036,10	598,10	8,50
	Cie des Eaux	1882	7711,55	1533,10	446,72	8,00
	Cie Électrique	942	4821,75	10299,79	2445,73	174,15
	Particuliers	755				
	Téléph. et Télégr.	—	16550,22	2746,25	4637,24	1213,25
	Cie des Tramways	—	—	—	—	—
1907	Cie du Gaz	3384	12380,26	3356,04	778,82	17,50
	Cie des Eaux	2174	7247,84	1741,15	647,11	2,20
	Cie lectrique	1198	4157,68	7073,51	2593,68	45,50
	Particuliers	688				
	Téléph. et Télégr.	—	13942,49	3436,02	1686,16	775,75
	Cie des Tramways	—	36,55	78.09	22,56	44,22
1908	Cie du Gaz	2970	9836,85	3000,45	918,56	5.80
	Cie des Eaux	2136	8108,60	1382,06	681,93	—
	Cie Électrique	932	6107,74	4549,40	2671,38	45,80
	Particuliers	737				
	Téléph. et Télégr.	—	5355.17	668,91	450,57	435,65
	Cie des Tramways	—	—	1,90	14,22	—
Totaux.	Cie du Gaz	15609	50044,56	15142,69	3443,03	29,80
	Cie des Eaux	10328	38635.06	7840,27	2641,52	14,70
	Cie Électrique	4476	24920,78	33115.67	13045,38	381,85
	Particuliers	4951	13524,91	17566,87	5259,12	2166,90
	Téléph. et Télégr.	—	35847,88	6851.18	6773,97	2422.65
	Cie des Tramways	—	36,55	89,65	73,82	44,22
Totaux généraux		35364	163007,74	80606,33	29236,84	3060.12

La moyenne annuelle du nombre des ouvertures de rues pendant les cinq dernières années est de 7 073 environ pour une longueur totale de rues de 175 kilomètres, soit 40 ouvertures par kilomètre.

Le coût de ces travaux de repavage, etc., représente une somme annuelle de 46 000 francs, non compris la fourniture de matériaux neufs. Dans ce calcul, il n'a pas été tenu compte des travaux exécutés pour la canalisation souterraine du téléphone.

Pour remédier à la situation actuelle, la première idée qui se présente à l'esprit est de placer toutes les conduites dans des caniveaux spéciaux établis sous les trottoirs ou bien d'en loger une partie dans les égouts existants sous les voies publiques.

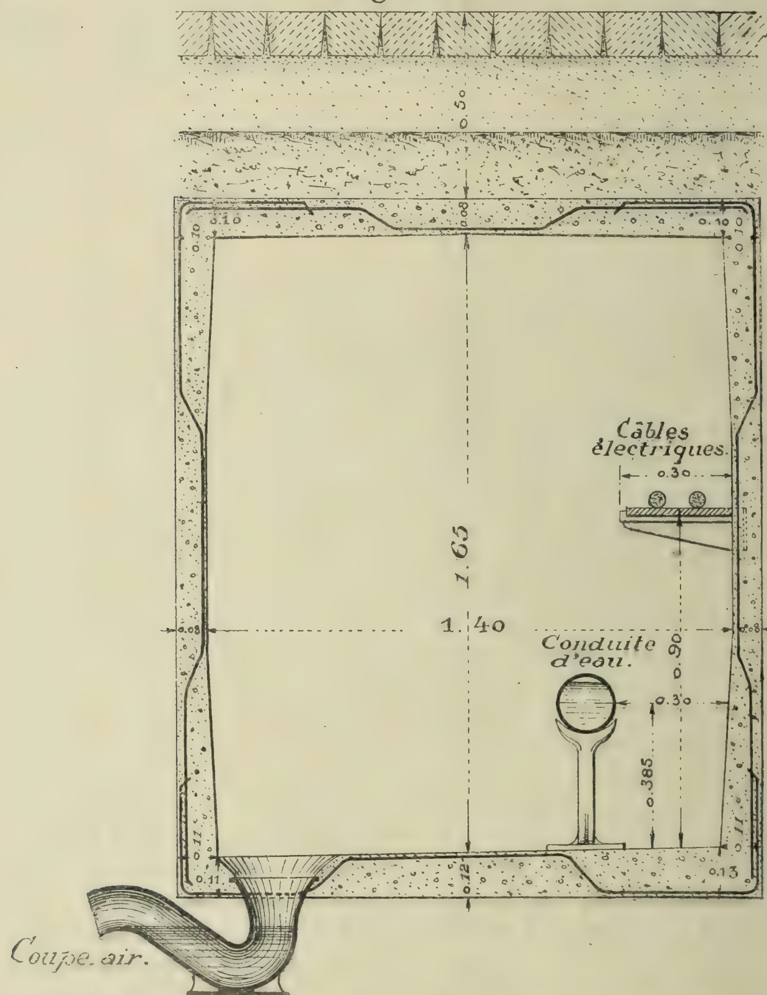
Dans ce dernier cas, il ne resterait plus qu'à ouvrir les rues transversalement pour les raccordements particuliers. Tous les démontages de la chaussée pour les réparations aux conduites mêmes deviendraient inutiles, puisque les caniveaux seraient accessibles aux ouvriers au moyen de cheminées d'accès ménagées de distance en distance. A première vue donc, le système des caniveaux spéciaux semble convenir parfaitement. Il a été employé en 1908, à titre d'essai, par la ville de Bruxelles, pour les canalisations d'eau et d'électricité. Celles du gaz ont été exclues des caniveaux, car le gaz et l'électricité font généralement mauvais ménage. En cas de fuite de gaz, il suffirait de la moindre étincelle pour provoquer une explosion. Les canalisations de gaz ont donc été suspendues latéralement aux caniveaux. Ceux-ci, qui sont en béton armé, coûtent environ 70 francs le mètre courant, soit 140 francs par mètre courant de rue.

On pourrait également adapter au caniveau en béton armé autant de consoles qu'il y a de canalisations différentes à installer (tuyaux d'eau, câbles électriques pour la lumière, pour tramway, pour téléphone, tuyaux à air comprimé, etc.). Les conduites du gaz seraient placées sous les trottoirs en dehors du caniveau. L'établissement de semblables ouvrages sous les trottoirs ayant pour but d'éviter les fréquentes ouvertures du pavage des rues, il va de soi que le but poursuivi ne sera véritablement atteint que le jour où les règlements communaux édicteront l'obligation pour les riverains de se raccorder aux dits ouvrages au moyen de conduits étanches

débouchant dans leurs caves et permettant l'exécution des raccordements aux canalisations.

L'essai de caniveau qui vient d'être fait à Bruxelles est trop récent pour que l'on puisse en tirer des conclusions.

Figure 1.



Cependant, déjà en 1892, la ville de Hambourg, en raison du renchérissement continu du pavage et des obstacles que créent les tranchées dans les rues à la circulation des véhi-

cules, a construit, à titre d'essai, sous un trottoir de la rue de l'Empereur-Guillaume, un caniveau de 450 mètres de long, parallèle aux façades des maisons et destiné à contenir les conduites et les conducteurs de toutes sortes, sur lesquels on devait raccorder les branchements particuliers, sans avoir à creuser des tranchées, (Voir le *Journal des usines à gaz*, nº 9, de 1908.) Cette expérience n'a pas été renouvelée, d'une part, parce que la construction du caniveau était trop coûteuse, d'autre part, parce que les travaux dans ce caniveau, dont la ventilation était très difficile, étaient fort pénibles pour les ouvriers. Les fuites de gaz, impossibles à éviter quand on raccordait des embranchements sur une conduite principale, rendaient, en outre, le travail dans le caniveau réellement dangereux.

Depuis quelques années, on s'efforce donc de loger les conduites de distribution sous les trottoirs et de ne laisser sous les chaussées que les conduites principales transportant le gaz au loin.

Pour réduire au minimum le nombre des travaux sous les chaussées, on a essayé plusieurs dispositifs, mais qui n'ont pas été reconnus pratiques.

Lorsqu'il s'agit d'ouvrir une tranchée dans une rue, il faut mettre en mouvement, à Hambourg, les autorités suivantes : les ingénieurs des ponts et chaussées chargés de l'entretien et du renouvellement du pavage, le service des égouts, des eaux, du gaz, les pompiers (câbles télégraphiques), le service des postes (tubes, câbles télégraphiques et téléphoniques), celui de l'électricité (conducteurs d'éclairage à haute tension, de tramways), ainsi que deux compagnies de tramways.

On a donc été amené à organiser une commission, composée de représentants des autorités et sociétés précitées, qui doit autant que possible, grouper les divers travaux à effectuer, de façon à réduire la durée des bouleversements au minimum.

Cette commission se réunit et étudie les travaux à effectuer, en se basant sur la durée des travaux de réfection du pavage, de construction ou de modification des lignes de tramways, de façon que tous les travaux à entreprendre soient terminés à peu près en même temps. Malheureusement, il est le plus souvent impossible de se conformer exactement au programme élaboré, ou bien parce que le temps est défavorable, ou par suite du manque de personnel, ou pour toutes autres causes.

Avant de pousser plus avant l'étude d'un caniveau à Anvers et dans la banlieue, nous avons cru qu'il convenait d'examiner l'intérêt que chacune des sociétés concessionnaires aurait à placer ses canalisations dans un caniveau commun.

A cet effet, nous avons soumis un questionnaire aux trois compagnies intéressées (gaz, eau et électricité).

Faisons remarquer, tout d'abord, que ce qui a surtout inspiré les réponses que nous avons reçues, c'est la clause relative à la reprise de la concession de chacune des sociétés, lors de l'expiration du contrat. C'est ainsi que pour la compagnie du gaz, la ville d'Anvers reprendra, *à dire d'experts*, à l'expiration (année 1927) ou lors d'une réalisation du contrat, tout le matériel qui sera reconnu appartenir à cette compagnie.

Pour la société des eaux, au contraire, les usines, constructions, matériel, etc., que celle-ci possèdera à l'expiration de la concession (année 1931), deviendront gratuitement la propriété de la ville d'Anvers.

Pour la compagnie électrique anversoise, la reprise se fait moyennant le remboursement en espèces de la partie non amortie de l'ensemble des capitaux immobilisés et le payement annuel, jusqu'au terme de la concession (année 1927), d'une somme égale à la moyenne des bénéfices des deux dernières années d'exploitation avant la reprise.

Ceci dit, nous passerons à l'examen des réponses qui nous sont parvenues.

A. *Compagnie Impériale et Continentale du gaz.*

1° Le nombre d'ouverture du pavage est, en moyenne, pour les cinq dernières années, de 6 000 annuellement (pour Anvers et la banlieue).

Pour Anvers seul, il résulte du tableau ci-dessus que ce nombre est de 3 120 environ.

2° La dépense annuelle pour travaux de pavage est de 18 000 à 20 000 francs.

3° Le coût moyen au mètre courant d'une canalisation, non compris la valeur des tuyaux, varie de 2 fr. 60 à 20 fr. 50, suivant les dimensions des tuyaux (de 100 à 900 millimètres de diamètre).

Ces prix ne s'ont qu'approximatifs et varient, d'après la

nature du terrain, la distance du chantier, l'importance du trafic, etc. Ils comprennent la pose, le transport des matériaux, le blindage et l'assèchement des tranchées et le repavage.

4° A partir d'une largeur de 17 à 20 mètres, la Compagnie estime qu'il y a avantage à avoir une double canalisation. Dans une rue où le nombre d'abonnés est restreint (grandes maisons ou villas), il y a plutôt avantage à ne mettre qu'un seul tuyau.

5° Quoique le prix d'une double canalisation soit plus élevé, il y a avantage à mettre les tuyaux sous les trottoirs lorsqu'un pavage de luxe est posé (pavage en bois, asphalte, etc.) surtout lorsqu'il est à prévoir qu'il y aura un grand nombre de raccordements à poser.

Ce système est recommandable dans les rues pourvues d'une double voie de tramway.

6° La compagnie n'est pas partisan de la pose des canalisations à gaz dans un caniveau spécial.

Les principales objections sont : système très coûteux, difficulté pour exécuter les raccordements, dangers d'explosion par fuite de gaz.

Une canalisation à gaz, exécutée avec les plus grands soins et suivant toutes les règles de l'art, ne peut pas être garantie parfaitement étanche et une petite fuite de gaz dans un caniveau peut avoir de très sérieuses conséquences, tandis qu'une fuite assez importante dans une canalisation enterrée ne présente jamais de grands dangers.

7° Si l'on voulait, néanmoins, avoir recours au caniveau, celui-ci devrait avoir des dimensions telles qu'il soit possible d'y exécuter tous les travaux.

D'après la compagnie, une hauteur de 1 m. 20 et une largeur d'environ 0 m. 80 seraient suffisantes. Le type de caniveau a relativement peu d'importance si l'on peut ménager, dès le placement, des ouvertures pour les embranchements de la canalisation.

8° Dans les anciennes rues, le système du caniveau spécial serait difficile à exécuter. Toutefois, dans les nouvelles grandes artères, il présenterait moins d'inconvénients.

Dans aucun cas, si l'on imposait le caniveau, la compagnie ne saurait prendre, de ce chef, une responsabilité.

B. *Andwerp Water-Works Company.*

1° Depuis les dernières années, il y a environ 1 400 nouveaux abonnés par an pour Anvers et la banlieue, ce qui correspond annuellement à l'ouverture d'autant de tranchées transversales du tuyau-mère à la maison.

En cas de désabonnement pour changement de domicile et si le nouveau locataire refuse de s'alimenter, la Compagnie ferme le robinet au milieu de la rue, sur le tuyau-mère, ce qui correspond encore à l'ouverture d'une tranchée.

2° La dépense annuelle pour travaux de pavage exécutés sur le territoire de la ville d'Anvers est d'environ 7 700 francs.

3° Les tuyaux doivent être placés à une profondeur suffisante sous le sol (1 mètre environ) pour les protéger contre la gelée. Le coût de la pose de tuyaux de 4" (100 millimètres) revient approximativement à 3 francs le mètre courant.

4° Le directeur de la Compagnie des Water-Works n'est pas partisan d'une double canalisation, attendu qu'il ne sera pas tenu compte, lors de la reprise de la concession, des frais supplémentaires occasionnés.

5° La Compagnie ne désire pas voir placer ses conduites dans un caniveau spécial. Le principal argument qu'elle fait valoir est que les tuyaux ne sont pas suffisamment protégés contre la gelée. En hiver, la température de l'eau de la distribution d'Anvers (prise à la Nèthe) se rapproche assez fréquemment de 0° centigrade. L'eau de source, qui alimente la ville de Bruxelles, a une température constante de 10° cengrades. C'est un facteur très important dont il y a lieu de tenir compte.

C. *Compagnie électrique Anversoise.*

1° La moyenne annuelle du nombre d'ouvertures de pavage pour réparation et exécution de raccordements, à l'exclusion de canalisations nouvelles, s'est élevée à 800 pendant les cinq dernières années.

2° La dépense annuelle qu'atteignent les travaux de repavage pour raccordements et réparations exclusivement, est de 3 325 francs pendant les cinq dernières années.

3° Le coût moyen d'une canalisation double est d'environ

50 p. 100 plus élevé que celui d'une seule canalisation d'un débit égal à la première.

4° Actuellement, la Compagnie n'établit une double canalisation que dans les rues dont la largeur est supérieure à 40 mètres ou dans celles qui permettent de prévoir le raccordement de nombreux consommateurs de courant.

5° La Compagnie ne voit pas d'objection, en principe, à la pose des canalisations pour l'eau, l'électricité, le téléphone, dans un même caniveau, le gaz étant placé dans un caniveau spécial pour éviter que des explosions éventuelles ne mettent en danger tous les services publics. Des précautions spéciales devraient être prises pour éviter des inondations causées par la rupture des canalisations hydrauliques.

6° La Compagnie préconise le caniveau en béton armé.

7° Si un caniveau était mis à la disposition de la Compagnie dans les anciennes rues, elle ne pourrait y établir ses canalisations actuelles, car ce déplacement l'entraînerait à des travaux dangereux pour son exploitation et, de plus, d'un coût très élevé. Pour les nouvelles rues, la Compagnie établirait volontiers ses canalisations dans lesdits caniveaux, à la condition, toutefois, que la redevance qui serait exigée de ce chef ne dépassât pas les frais actuels de pose de ses canalisations.

8° D'après la Compagnie électrique anversoise, le seul moyen à employer pour supprimer, dans la mesure du possible, l'éventrement continuel des rues, serait d'engager, lors du repavage d'une rue, les riverains à se raccorder aux réseaux distributeurs des différents services publics.

*

* *

Il résulte, tout d'abord, de cette petite enquête :

1° Qu'un caniveau commun ne peut convenir pour le gaz.

2° Qu'à Anvers, en raison de la nature de l'eau (eau de la Nèthe, sous-affluent de l'Escaut) et du climat (la température descend parfois à plus de 20° centigrades sous zéro), la canalisation des eaux potables courrait peut-être le risque de congeler dans un caniveau.

Le caniveau pourrait, dès lors, servir pour y loger :

Les câbles électriques pour l'éclairage, à l'exclusion de ceux à haute tension (6 600 volts à Anvers), ceux des horloges, du télégraphe, des avertisseurs d'incendie, de la traction des tramways et les tuyaux pneumatiques. Les câbles téléphoniques devraient sans doute avoir, à eux seuls, un caniveau spécial. car, à Anvers, la section maximum comprend 90 câbles de 70 millimètres. Quant à la distribution d'eau potable, l'expérience seule pourra décider si la température descend assez bas dans le caniveau pour que l'eau puisse s'y congeler.

Assurément, il serait désirable de réunir toutes ces installations dans un même conduit accessible et il convient donc d'examiner maintenant la possibilité de sa construction.

Nous pensons que sa hauteur intérieure pourrait être limitée à 1 m. 80, sa largeur à 1 m. 50 et la profondeur moyenne de la partie supérieure sous le niveau du trottoir à 0 m. 80. En vue de réduire l'épaisseur de la couverture, il conviendrait peut-être de fermer l'ouvrage par des dalles en béton armé ou en pierre de taille, dont l'épaisseur varierait de 12 à 20 centimètres, suivant que le caniveau se trouverait sous le trottoir ou sous la voie carrossable. Les piédroits devraient être en maçonnerie de briques, pour faciliter le percement des parois lors de l'exécution du raccordement.

En admettant pour le radier une épaisseur de 30 centimètres seulement (20 centimètres de béton et une brique sur champ) le dessous du caniveau se trouverait en moyenne à $0{,}80 + 0{,}16 + 1{,}80 + 0{,}30 = 3$ m. 06 sous le niveau du trottoir.

Comme on devrait rester à une distance d'au moins 0 m. 75 des façades des maisons, à cause des saillies des soupiraux de caves, et même davantage, dans le cas où on placerait la conduite du gaz près des maisons, il s'ensuit que les raccordements aux égouts pour les eaux usées, devraient se trouver à la sortie de la façade, à une profondeur de 3 m. 15 au moins; si on y ajoute la pente (3 centimètres par mètre) et la hauteur du tuyau (20 centimètres), il en résulte que l'égout de la rue doit être assez bas pour que le conduit puisse y déboucher en moyenne à 3 m. 50 environ sous le niveau du trottoir. Le radier de l'égout devrait pour cela être établi au moins à 4 m. 20 sous le même niveau.

A Anvers, en raison de la situation topographique et eu égard au fait que l'écoulement des eaux résiduaires se fait

par gravitation dans l'Escaut à marée basse, il est rare que l'égout soit placé aussi bas.

La reconstruction du réseau des égouts et son extension à toute l'agglomération anversoise est à l'étude. Les eaux souillées seront vraisemblablement pompées et envoyées, soit à des usines d'épuration, soit sur des champs d'épandage. Rien ne s'opposerait, dans ce cas, à construire des égouts assez bas pour pouvoir y faire les raccordements des maisons à la profondeur indiquée plus haut.

Sera-t-il alors désirable de construire des caniveaux?

Nous pensons que dans la ville actuelle on ne peut pas y songer, parce que le déplacement des diverses canalisations donnerait lieu à une telle dépense, jetterait une telle perturbation dans l'exploitation des diverses compagnies et des services publics, causerait un tel embarras à la circulation et, par suite, un tel dommage au commerce, que le remède serait pire que le mal.

Au surplus, en admettant un caniveau d'une largeur de 1 m. 80, il est à remarquer que le trottoir dans lequel il faudrait le loger devrait avoir 3 m. 75 à 4 mètres de largeur, car, à côté du caniveau, il faut ménager un espace suffisant pour placer des candélabres et des mâts pour l'éclairage, des appareils avertisseurs d'incendie, des mâts de trolley, des poteaux indicateurs, etc.

Or, en dehors des boulevards et de quelques grandes artères, les rues qui ont des trottoirs de près de 4 mètres de largeur sont très rares. Le système ne pourrait donc pas être très étendu.

En outre, la construction, la reconstruction et éventuellement la réparation d'un raccordement à l'égout du conduit des eaux ménagères en dessous du caniveau, sera pour ainsi dire impossible. A Anvers, ces raccordements privés sont, en général, exécutés en tuyaux en terra-cotta de 20 centimètres de diamètre intérieur.

Nous avons également examiné le cas où les raccordements privés aux égouts seraient placés dans la partie supérieure ou même au-dessus des caniveaux construits dès lors assez bas, mais il est visible qu'il faudrait pour cela établir des égouts beaucoup plus profonds, afin de pouvoir écouler les eaux d'infiltration et éventuellement les eaux qui feraient irruption dans le caniveau, par suite de la rupture d'une conduite de la distribution. On pourrait, il est vrai, avoir

recours à des pompes électriques, avec mise en marche automatique, pour l'épuisement des eaux d'infiltration, mais ce système ne donnerait pas une sécurité absolue. En tout cas, le coût serait singulièrement augmenté.

*

* *

On éviterait toutefois le principal, sinon le seul des inconvénients signalés ci-dessus, en faisant servir aussi les caniveaux pour le logement de conduits destinés à l'écoulement des eaux ménagères et industrielles et même aux matières fécales, si le « tout-à-l'égout » est appliqué.

Le système reviendrait, dans ce cas, à construire dans l'axe des rues le réseau des égouts pour les eaux superficielles, et sous le trottoir de chaque côté de la rue, un caniveau dans lequel serait installé une conduite pour le « sewage » et éventuellement pour les matières fécales, une canalisation d'eau potable et les diverses installations électriques et pneumatiques.

Quant aux eaux des toitures, elles seront conduites directement à l'égout par un tuyau en grès de 10 centimètres, passant au-dessus du caniveau. Le trop-plein des citernes peut, sans aucun inconvénient, être amené dans le conduit des eaux ménagères.

Cette solution, parfaitement exécutable lorsque rien n'existe encore, suppose toutefois le « tout-à-l'égout » ou tout au moins le système « séparé » avec des fosses fixes. De plus, les égouts pour les eaux pluviales devront être placés assez bas pour qu'au croisement des rues les caniveaux puissent passer au-dessus, sans qu'on doive réduire trop la section des collecteurs.

On sera amené ainsi à établir un réseau d'égouts pour les eaux pluviales, plus bas que le réseau des conduits pour les eaux ménagères. C'est le contraire de ce qui se fait d'habitude, mais cela ne paraît pas constituer un très grand inconvénient, à part la question de dépense.

Dans les rues où la largeur fera défaut pour construire des caniveaux, on se bornera à établir, dans les trottoirs, les conduites pour les eaux ménagères et les canalisations qui pourront y trouver place.

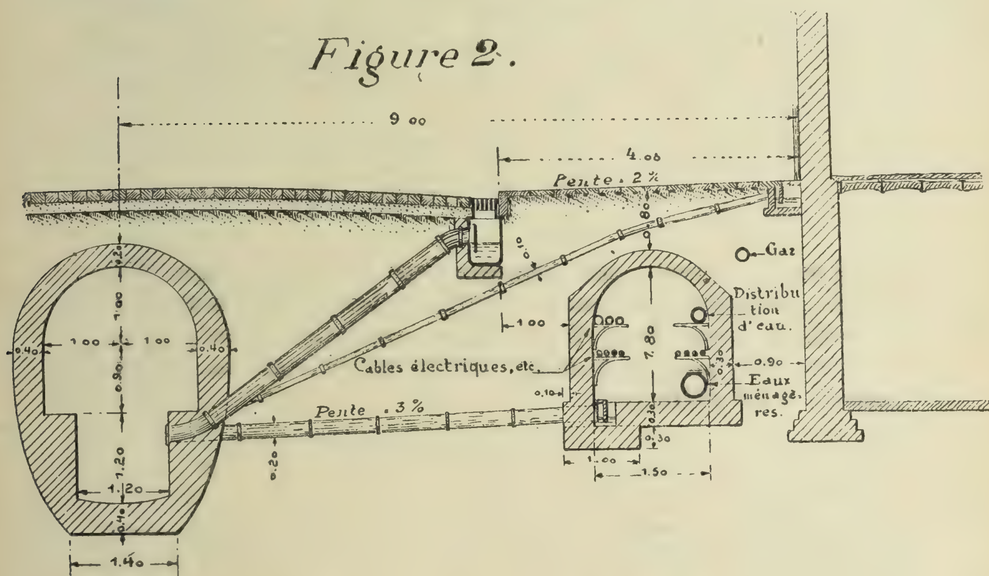
Nous pensons que c'est là la meilleure solution à trouver.

Il reste à étudier, bien entendu, dans chaque cas particulier, la meilleure forme et les dimensions à donner au caniveau.

Il est à remarquer que, dans sa forme définitive, le caniveau ne sera pas le même pour toutes les rues, puisque certaines artères doivent livrer passage à des canalisations plus importantes que d'autres. De plus, les caves n'ont pas partout la même profondeur. A Anvers, aucun texte de règlement ne limite la profondeur des caves. Cependant, il apparaît clairement de ce qui précède, qu'il serait utile d'imposer un maximum de profondeur sous le niveau du trottoir. Nous pensons même que cela sera indispensable si l'on veut appliquer le système des caniveaux à la nouvelle agglomération.

En admettant que le conduit des eaux ménagères soit logé dans le caniveau, le radier de celui-ci dépend de la profondeur à laquelle devra se trouver le conduit.

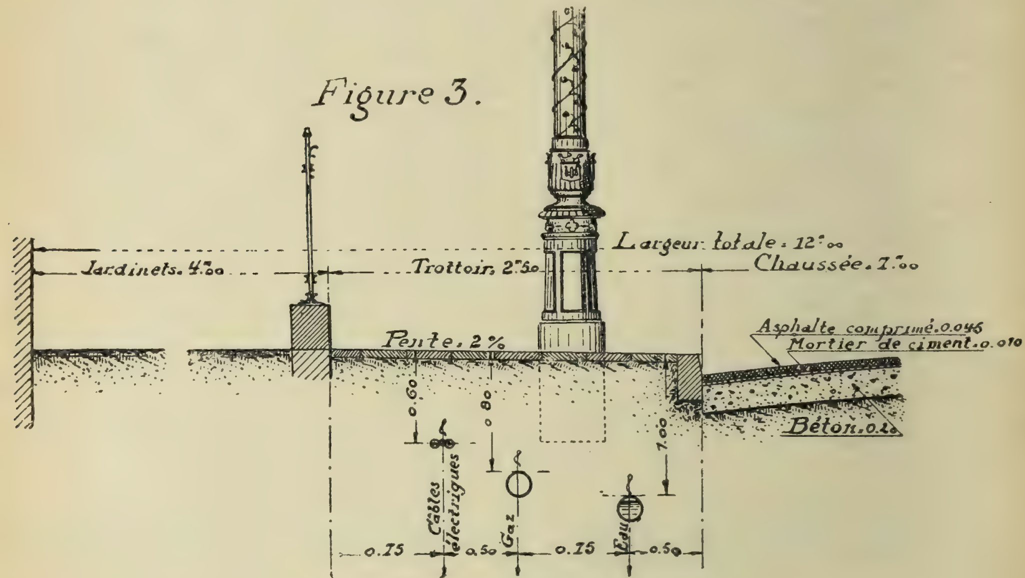
Le croquis ci-dessous indique le dispositif que nous préconisons.



La conclusion qui se dégage de tout ce qui précède, c'est que, hormis le cas où le réseau des égouts est à reconstruire en entier, comme à Anvers, les caniveaux ne constitueront qu'un palliatif et un système qui ne pourra pas être généralisé.

Tout bien considéré, la solution qui paraît alors offrir le

plus d'avantages ou du moins le minimum d'inconvénients, consistera, d'après nous, à établir dans toutes les rues, des canalisations d'eau, de gaz et d'électricité de chaque côté et, autant que possible, dans les trottoirs. Elle a été appliquée dans une des rues d'Anvers, dont ci-dessous le profil.



Ce sera, du reste, un acheminement vers la solution définitive indiquée plus haut. Pour réduire au minimum les ouvertures successives, il faut rechercher le moyen de concentrer dans une seule main l'exécution de tous les travaux sous la voie publique.

Anvers, le 27 *Novembre* 1909

Paul de HEEM
Ingénieur des Ponts et Chaussées,
chargé du service spécial des
études de l'aménagement de la
banlieue d'Anvers.

Richard LEMEUNIER
Ingénieur en Chef,
Directeur de la voirie
de la ville d'Anvers.

65584. — Imprimerie Lahure 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIe CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION
DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE
ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR

G. LIDY
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées
Ingénieur en chef de la Ville de Bordeaux

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

MODE D'EXÉCUTION
des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau

Le premier Congrès International de la Route s'est surtout occupé des voies de communication à grande distance ; de nombreux renseignements ont été cependant fournis sur la voirie de la ville de Paris, qui présentait un intérêt particulier en raison du siège du Congrès.

Nous n'examinerons donc, dans ce qui suit, que la voirie urbaine de province, nous étudierons successivement son organisation administrative, le mode d'exécution des travaux qui l'intéressent (voie publique, égouts, éclairage, distribution d'eau) ; nous laisserons de côté les points qui font l'objet de rapports spéciaux, ainsi que ceux qui n'ont qu'une faible importance, et nous terminerons par l'influence que ces travaux peuvent avoir sur la viabilité en général.

Définition et organisation de la voirie urbaine.

Définition. — La voirie urbaine comprend, en principe, toutes les rues et places dans les parties bâties des agglomérations. Il faut en excepter toutefois les traverses de routes nationales ou départementales et les dépendances du domaine public qui font partie de la grande voirie ; souvent aussi les chemins de grande communication, d'intérêt commun ou vicinaux, subsistent à l'intérieur des agglomérations et sont administrés par le service vicinal du département ; enfin, dans les places fortes, les villes jouissent fréquemment, par concession ou location,

d'emplacements militaires affectés à la circulation générale et qui, sans faire partie de la voirie urbaine, sont cependant entretenus par les municipalités.

Sauf ces exceptions, les rues et places des villes tirent leur origine soit d'un usage non contesté lorsqu'elles sont anciennes, soit de leur destination lorsqu'elles sont créées par les municipalités ou les propriétaires riverains. Leur classement dans la voirie urbaine est prononcé, après délibération du Conseil municipal et enquête, par un arrêté préfectoral qui en fixe les limites et les alignements.

Administration. — Leur construction et leur entretien sont à la charge de la commune, qui est libre de les assurer à sa guise.

Les dépenses relatives à ces travaux sont facultatives et prélevées sur les ressources courantes du budget communal, auxquelles s'ajoutent les impositions extraordinaires, qui peuvent être autorisées soit pour exécuter des travaux temporaires de restauration ou grosses réparations des voies publiques, soit pour amortir des emprunts contractés pour l'exécution de grands travaux.

La voirie apporte d'ailleurs au budget un contingent de recettes qui lui sont propres, notamment l'aliénation des terrains retranchés de la voie publique, les indemnités pour plus-value et les souscriptions volontaires des riverains, les droits de voirie, les droits de place, de stationnement et d'occupation de la voie publique, la vente des gadoues et immondices, les concessions d'eau, etc. Certaines taxes sont, en principe, spécialement affectées à un objet déterminé, comme les taxes de balayage et de tout à l'égout.

Enfin, dans un certain nombre de villes, les anciens usages locaux mettent à la charge des riverains la construction et l'entretien des chemins ; ces anciens usages sont surtout utilisés sous forme de taxes de premier pavage pour convertir les chaussées empierrées en chaussées pavées aux frais des riverains, ou établir des trottoirs en remplacement de ce premier pavage.

Lorsque les anciens usages ne peuvent être invoqués à cet effet, la loi du 7 juin 1845 permet l'établissement de trottoirs dits d'utilité publique, pour lesquels une subvention de moitié au plus est demandée aux propriétaires intéressés.

Attributions des services de voirie. — La voirie urbaine diffère surtout des autres voiries par l'importance qu'y prennent

les travaux accessoires ; on considère généralement comme rentrant dans les attributions de ses services les parties principales suivantes :

Le tracé et la conservation du plan de la ville ;

La délivrance aux propriétaires des alignements et nivellements ;

Les permissions de bâtir, la surveillance des constructions et habitations ;

La construction et l'entretien de la voie publique ;

L'écoulement des eaux : égouts ;

Le nettoiement : ordures ménagères, balayage, arrosage, etc. ;

L'éclairage ;

La distribution d'eau ;

Les plantations d'alignement ;

Les jardins, squares, parcs, etc.

Organisation administrative. — En conséquence de la multiplicité et de l'étendue de ces accessoires, l'organisation administrative de la voirie urbaine ne présente ni l'uniformité, ni la stabilité que l'on rencontre pour les autres services de voirie. Aucun texte légal ne fixe cette organisation, exception faite toutefois pour le bureau d'hygiène auquel incombent les questions de salubrité et les permissions de bâtir. Le Maire et le Conseil municipal sont donc libres d'organiser leurs services comme ils le jugent le plus conforme aux intérêts de la commune.

Dans les petites agglomérations, il n'y a souvent pas d'Agent technique municipal spécialement chargé des travaux ; on fait, en cas de besoin, appel à des praticiens locaux : Agent voyer, Conducteur des ponts et chaussées, géomètre ou architecte. Dans les villes moyennes, tous les services qui intéressent la voirie sont généralement centralisés entre les mains d'un fonctionnaire municipal, architecte, ingénieur ou agent voyer de la ville.

Dans les grandes villes, enfin, les travaux sont répartis en un plus ou moins grand nombre de services indépendants. Tantôt, ces services restent centralisés sous les ordres du Maire ou d'un adjoint au Maire délégué pour tous les travaux publics ; tantôt, ils sont répartis entre plusieurs adjoints au Maire. Ces divisions ne sont d'ailleurs pas absolument fixes ; dans la même ville, elles peuvent se modifier suivant l'importance momentanée des travaux, et sont souvent subordonnées à des considérations de personnes.

Conséquences de l'organisation administrative. — Il est évident qu'en raison de leur diversité, les travaux de la voirie urbaine ne peuvent être assujettis à des règles étroites et immuables et, en fait, tout système d'organisation administrative convenablement établi est susceptible de fournir de bons résultats.

Il faut reconnaître, toutefois, qu'une division trop grande des services qui intéressent la voirie favorise les fausses manœuvres et est, par cela même, préjudiciable au maintien constant d'une bonne viabilité. Il arrive, par exemple, qu'un de ces services refasse, à grands frais, le revêtement d'une chaussée ; peu de temps après, l'eau, le gaz, l'électricité viennent, successivement parfois, bouleverser cette chaussée pour établir ou réparer des canalisations. Les travaux se prolongent ainsi beaucoup trop longtemps ; ils causent des embarras excessifs pour la circulation et rendent inutilement difficile le maintien du bon état de la voie publique.

On ne peut éviter ces inconvénients dans les cas urgents et imprévus, mais il semble qu'on doive chercher à diminuer leur importance. Quant aux travaux dont l'exécution résulte de prévisions volontaires, il est recommandable de ne les commencer qu'après une étude qui ait pour objet de les échelonner suivant la marche la plus conforme aux intérêts de la circulation.

Aussi est-il nécessaire d'établir un lien permanent entre tous les services qui intéressent la voirie, et de subordonner tous leurs travaux à une entente constante, de façon à réduire le plus possible les embarras qui peuvent en résulter.

II. — *Voie publique.* *Conditions d'établissement.*

a) *Tracé.* — Les conditions d'établissement des voies urbaines ne sont pas et ne peuvent être assujetties à des règles aussi précises que celles des autres voies de communication. Elles sont plus étroitement commandées par les nécessités locales et les situations anciennes.

Il peut bien arriver qu'une industrie nouvelle détermine la formation d'un groupement, embryon d'une ville future ; une station thermale et balnéaire peut être créée de toutes pièces ; ce sont là des exceptions. En règle presque générale, on ne fait actuellement des rues qu'en modifiant des voies anciennes, qu'en

perçant de vieux quartiers pour en améliorer les communications ou l'état hygiénique ; même dans les villes à développement rapide, les quartiers neufs ne sont presque toujours que la transformation d'anciens faubourgs.

Tous ces travaux exigent des expropriations coûteuses, et les municipalités sont souvent contraintes, par des considérations financières, de ne pas donner aux voies nouvelles l'ampleur qui serait nécessaire pour le développement de la circulation future.

b) *Largeur des rues.* — Mettant à part les rues anciennes auxquelles nos devanciers ont fréquemment donné de petites largeurs et qui peuvent être améliorées par voie d'alignement, on peut classer en trois catégories les rues des villes un peu notables :

1° Les rues d'importance moyenne, dont la largeur oscille aux environs de 10 mètres, cette dimension étant souvent fixée comme minimum ; la chaussée a environ 7 mètres et permet le passage entre deux véhicules stationnant devant les immeubles ;

2° Les rues importantes, dont la chaussée prend 9 à 10 mètres, et la largeur totale 15 à 20 mètres ;

3° Les boulevards, cours, avenues, avec 12 mètres et plus de chaussée, et une largeur supérieure à 20 mètres.

C'est dans la deuxième catégorie que se trouve le plus grand nombre des voies dont l'importance n'est plus en rapport avec les besoins actuels.

Il n'est, en effet, pas rare de trouver des rues de 16 à 18 mètres qui, exécutées il y a vingt-cinq ou trente ans et considérées à cette époque comme de belles voies de communication, sont devenues aujourd'hui tout à fait insuffisantes, surtout par suite du développement rapide des tramways électriques. Dans ces rues, en effet, il ne reste pas place pour deux voitures entre le gabarit des tramways et le trottoir. Les voitures de charge qui marchent au pas sont forcées, par le stationnement, d'emprunter souvent la partie centrale de la chaussée où elles retardent les tramways et les véhicules rapides. Pour éviter ces encombrements, il faudrait porter la chaussée à environ 14 mètres en diminuant les trottoirs, ce qui est impossible lorsque les voies sont plantées, et ce que les municipalités ne veulent pas faire sur les autres voies, parce que l'occupation des trottoirs est une source de revenus pour le plaçage. Une voie importante devrait, dans ces conditions, avoir au minimum 25 mètres de large.

Les largeurs supérieures à 30 mètres sont exceptionnelles et réservées à des boulevards ou avenues qui sont plutôt des promenades. Sur celles-ci, on divise fréquemment la chaussée en deux parties séparées par un terre-plein central. Cette disposition est avantageuse : les tramways longent (avec de grandes facilités d'accès pour le public) le terre-plein central ; ce dernier peut recevoir de belles plantations qui se développent sans réclamations des riverains ; on peut y ménager des pistes cyclables, cavalières, des décorations florales, etc. La double chaussée permet, en outre, de réglementer la circulation, et de faire face ainsi à une fréquentation intense, avec des largeurs modérées.

On a essayé, quelquefois, de justifier les dimensions des rues par des considérations esthétiques, en subordonnant leur largeur à leur longueur suivant des formules contestables, car leurs résultats sont assez aléatoires et, bien souvent, les prévisions des plans ne se réalisent pas en exécution. Ce point de vue esthétique est, à notre avis, secondaire.

Plus récemment, on a fait intervenir la salubrité de l'habitation ; bien que les théories émises à ce sujet ne soient pas encore établies sur des bases très précises, il n'est pas inutile d'en parler.

Prenant en considération la puissance microbicide du soleil, certains hygiénistes ont posé en principe que toute habitation devait pouvoir jouir de l'action bienfaisante des rayons solaires.

L'établissement d'une voie dépendrait alors de cinq conditions : la latitude du lieu, l'orientation de la rue, la hauteur des immeubles, la largeur de la rue et la circulation.

Un grand nombre de nos voies, même des plus belles, ne répondent pas, au moins pour les étages inférieurs, à ces exigences hygiéniques ; il faudrait, ou bien réduire les hauteurs d'immeubles accordées par les règlements de voirie, ou bien conserver ces hauteurs et élargir les rues.

Sans entrer dans une discussion approfondie, on peut dire que l'augmentation de la largeur semble être la solution préférable pour les intérêts de la collectivité, bien que l'on soit conduit, suivant certaines orientations et sous nos latitudes, à des largeurs considérables.

Dans ces voies très larges, il n'est pas nécessaire de conserver aux chaussées et aux trottoirs les proportions relatives usitées actuellement et d'exiger, par cela même, des frais de premier établissement et d'entretien plus élevés qu'il n'est utile. La

chaussée peut être réduite à la largeur nécessaire pour les besoins actuels, le reste est, en grande partie, sablé ; en disposant convenablement les trottoirs et les plantations, on réservera les extensions de chaussée qui seraient nécessaires dans l'avenir.

Il est donc recommandable de ne pas trop se laisser influencer par les considérations économiques, et de ne pas craindre de faire grand ; on aura ainsi l'avantage d'augmenter les espaces libres dans les villes, de multiplier les plantations, de créer des promenades et de contribuer, dans une large mesure, à l'amélioration hygiénique générale.

c) Déclivités. — Les déclivités des rues sont, comme leur tracé, étroitement liées au relief du terrain, car on ne peut modifier notablement ce relief sans répercussion sur les accès des propriétés riveraines et les aboutissements des voies adjacentes. On cherche, toutefois, à réduire le plus possible ces déclivités : dans les pays moyennement accidentés, les pentes des rues importantes ont rarement plus de cinq centimètres par mètre et, dans les pays de plaine, on descend à un maximum de trois centimètres par mètre.

d) Profil transversal. — Les chaussées présentent un profil transversal bombé, symétrique par rapport à l'axe quand les deux côtés sont de même niveau, dissymétrique dans les autres cas. Beaucoup de villes ont adopté les profils paraboliques de la ville de Paris, qui donne au bombement une flèche comprise entre 1/45 et 1/60 de la largeur, en augmentant toutefois légèrement la valeur relative de la flèche pour les rues étroites (moins de 5 mètres de chaussée). On trouve cependant, surtout dans les pays plats et humides, des bombements beaucoup plus forts, dont la flèche atteint et dépasse le trentième de la largeur. On favorise ainsi l'écoulement transversal des eaux, et on évite leur stagnation dans les flaches de la chaussée. Mais la forte courbure de la chaussée est incommode pour la circulation et même peu favorable à l'entretien, parce que les véhicules cherchent toujours à rester sur la partie centrale de la chaussée, qui s'use plus vite que le reste.

Le bombement excessif rend presque impossible l'établissement des voies de tramways et, quand celles-ci se présentent, on hésite à faire la dépense d'un relevé à bout complet ; on réalise alors des profils brisés à ressauts successifs qui sont désastreux à tous les points de vue. On peut donc recommander des bombements plutôt faibles et, dans les voies à tramways, un

profil régulier sur lequel les rails ne forment ni saillie ni dépression.

Exécution des travaux. — L'exécution des travaux de la voirie urbaine est presque partout réalisée par le concours de l'entreprise et de la régie municipale.

Les grosses réparations, les relevés à bout, les fournitures de matériaux sont mis en adjudication et confiés à l'adjudicataire pour une période de 3 à 5 ans et plus. Quelquefois ce même adjudicataire reste chargé des travaux neufs qui se présentent pendant la durée de son marché.

La régie, c'est-à-dire les cantonniers municipaux exécutent l'ébouage, le dépoussiérage et les menues réparations, sans que la démarcation qui sépare les travaux à confier à l'entreprise ou à la régie soit très nette ; elle dépend beaucoup des usages locaux, de la situation du personnel municipal et des considérations budgétaires ou autres.

En dehors des entrepreneurs de la ville et de ses cantonniers, d'autres personnes peuvent démonter ou refaire les chaussées des villes, ce sont les concessionnaires des services publics : gaz, électricité, eaux, les entrepreneurs de l'Etat sur la grande voirie, ceux du service des télégraphes et téléphones, les entrepreneurs du service vicinal, et c'est là un point sur lequel nous reviendrons plus loin.

III. — *Ecoulement des eaux, égouts.*

Renseignements généraux. — Les eaux qui arrivent sur les chaussées, provenant soit des pluies, soit des habitations riveraines, s'écoulent dans les caniveaux ménagés entre la chaussée et les trottoirs ou revers ; la disposition de chaussée dite fendue avec caniveau central n'existe que dans des ruelles infimes. Il est intéressant, à tous les points de vue, de ne pas imposer aux eaux un trop long parcours à l'air libre et de ménager des aqueducs souterrains ou égouts, qui les amènent, le plus rapidement possible, à un exutoire éloigné. Il existe cependant un assez grand nombre de villes qui n'ont pu réaliser des dispositions de ce genre, car sur 643 villes de plus de 5 000 habitants, 320, soit moitié environ, n'ont aucun égout.

Parmi les autres, 257 ont des égouts réservés aux eaux pluviales et ménagères et ne recevant pas, officiellement du moins, les matières fécales ; 66 ont un réseau d'égouts assez complet

pour appliquer le *tout à l'égout*, 62 avec le système unitaire, et 4 avec le système séparatif. Deux villes seulement épurent le *sewage* par épandage en grand, 27 font des irrigations plus ou moins régulières.

Cassis. — L'absence d'égouts a une conséquence très fâcheuse pour la circulation, c'est le maintien au croisement des rues de cassis incommodes, dangereux et nuisibles pour les véhicules. Différentes dispositions sont utilisées pour les supprimer.

Quelques villes emploient des siphons : deux regards munis de bouches sont placés sur les côtés de la chaussée et réunis par un tuyau de grès ou de ciment enterré dans le sol. Cette disposition est très bonne pour la chaussée, elle l'est moins au point de vue hygiénique. Pendant les périodes de sécheresse, les eaux chargées de matières organiques stagnent dans les puisards et fermentent en dégageant de mauvaises odeurs ; les conduites s'obstruent facilement, et leur nettoyage est difficile.

Un procédé plus commode pour le nettoyage consiste à relever horizontalement le profil transversal de la chaussée et à y placer un canal en maçonnerie recouvert de plaques mobiles en tôle armée ou en fonte ; ce système ne convient que si la circulation est faible, car il est difficile de bien fixer les plaques de recouvrement qui, sous l'action des véhicules chargés, peuvent se déplacer et se briser.

Enfin, quelques constructeurs ont imaginé de remplacer ces caniveaux par des tuyaux de fonte formant rigole et percés d'une rainure à leur partie supérieure. Ces rigoles se logent facilement dans le pavage, et sont aisément nettoyées. Les modèles usités sont malheureusement trop petits pour un écoulement d'eau notable.

Le problème de la suppression des cassis reste un de ceux qui doivent le plus solliciter l'attention des Ingénieurs municipaux. L'achèvement ou l'établissement d'un réseau d'égouts est une opération coûteuse qui peut se faire attendre longtemps, tandis que la suppression des cassis peut être réalisée progressivement et avec de faibles ressources.

Egouts et accessoires. — Les anciens égouts présentent des formes assez variées, qui se ramènent presque toutes à une section rectangulaire surmontée d'une toiture en dalles plates ou d'une voûte ; ils sont souvent construits en pierres de taille soigneusement appareillées.

Les égouts récents sont plutôt exécutés en maçonnerie de moellons ou de briques, hourdée au mortier de ciment. Beaucoup de villes ont adopté les types ovoïdes de la ville de Paris pour les artères principales ; les branches secondaires se font en tuyaux de grès ou de ciment quelquefois armé.

Presque partout, l'égout est placé dans l'axe de la chaussée ; il est en relation avec la surface par des regards de descente ou de nettoyage, par des bouches d'arrivée d'eau.

Dans les anciens égouts, les regards sont placés sur la chaussée et fermés par une trappe en fonte ; cette disposition est généralement conservée pour les nouveaux lorsqu'ils ne sont pas visitables. Pour les égouts visitables, on tend, au contraire, à reporter les regards sous trottoir, en les reliant aux égouts par une galerie ; cette disposition pourrait être recommandée pour tous les types d'égouts. Le regard de visite ou descente est d'ailleurs fréquemment accolé à une bouche d'égout.

Pour celles-ci, deux dispositions sont adoptées ; les unes placées sous trottoir reçoivent les eaux par un évidement ménagé sous la bordure, les autres sont sous chaussée, et fermées par une forte grille en fonte ; les deux systèmes comportent souvent un dispositif d'occlusion hydraulique empêchant le reflux des gaz de l'égout. Ils ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients, et on ne saurait recommander l'un plutôt que l'autre. L'essentiel est d'arriver à ce que les bouches ne présentent aucun danger pour les passants, les animaux et les véhicules, et de réaliser une évacuation rapide des eaux superficielles.

Nettoyage des égouts. — A ce point de vue, on peut regretter que certaines villes, à l'imitation de la ville de Paris, se servent de leurs égouts pour y envoyer tous les résidus solides des chaussées ; l'exemple contagieux est suivi par les habitants qui jettent dans les bouches les matières encombrantes qui les gênent.

Les dimensions insuffisantes des égouts, le manque de chasses et l'impossibilité d'un entretien convenable ne permettent pas le transport de toutes ces matières, il en résulte des obstructions insalubres, des inondations incommodes. On a bien essayé de remédier à ce défaut en établissant dans les regards des paniers métalliques formant tamis, mais le nettoyage de ces paniers exige des appareils spéciaux et une main-d'œuvre onéreuse, de sorte qu'on a presque partout renoncé à leur emploi.

Il est donc recommandable de n'envoyer aux égouts que les

liquides susceptibles d'être rapidement entraînés, et de procéder à l'enlèvement des matières solides par des moyens de transport appropriés. Parmi ceux-ci, et lorsqu'il s'agit de matières fermentescibles, l'emploi de véhicules fermés et étanches est indiqué de manière à éviter les mauvaises odeurs et la chute du contenu sur les chaussées.

Exécution des travaux. — En règle générale, les travaux d'égout sont exécutés à l'entreprise par adjudication ; les cantonniers égoutiers ne sont chargés que des nettoyages, des manœuvres des vannes, quand il y en a, et des menues réparations.

IV. — *Eclairage.*

Renseignements généraux. — Presque toutes les villes importantes sont éclairées au gaz de houille, 572 villes de plus de 5 000 habitants sont pourvues d'une distribution de gaz ; il en est de même pour 750 villes de moins de 5 000 habitants ; une cinquantaine de villes emploient l'acétylène, et on peut noter quelques essais relativement récents d'éclairage au pétrole par incandescence.

Bien que 300 villes de plus de 5 000 habitants possèdent une distribution d'énergie électrique, l'éclairage public par l'électricité est peu répandu dans les grandes villes. Cette situation provient surtout des difficultés soulevées par les anciens concessionnaires de l'éclairage au gaz, qui s'appuient sur leur monopole pour maintenir des prix élevés de vente de l'énergie électrique. Aussi, dans les villes pourvues d'anciennes concessions de gaz, l'électricité est-elle considérée comme un mode d'éclairage de luxe réservé pour quelques voies importantes.

Ce mode d'éclairage s'est, au contraire, beaucoup répandu dans les petites communes qui, n'étant liées par aucun traité, ont pu, dans ces dernières années, profiter du développement de l'industrie électrique, principalement dans les pays de montagne ; 2 500 communes de moins de 5 000 habitants ont actuellement une distribution d'énergie électrique, et ce nombre augmente constamment.

Dans la majeure partie des villes, l'éclairage est assuré par des concessionnaires, car il n'y a que 41 villes qui exploitent leur éclairage au gaz et, sauf deux, ce sont des villes peu impor-

tantes ; la situation est à peu près la même pour l'éclairage électrique, qui ne comporte qu'une centaine d'usines municipales.

Eclairage en général. — En principe, l'éclairage public doit avoir pour objet de réaliser un éclairement suffisant et aussi uniforme que possible de la voie publique. Malheureusement, il n'existe pas de définition précise de ce que doit être un éclairage suffisant, de sorte qu'en fait, ce sont surtout les considérations financières et esthétiques qui servent de guide pour établir la valeur et la répartition de l'éclairage public. De grands progrès ont été néanmoins réalisés dans ces dernières années, et les spécialistes s'ingénient à concilier l'économie avec l'augmentation de la puissance des foyers et l'amélioration de leurs courbes photométriques.

La valeur moyenne de l'éclairage étant fixée d'après les ressources budgétaires, la répartition des foyers est plutôt réglée par des considérations esthétiques. Ces foyers, très espacés dans les voies secondaires, se rapprochent dans les voies importantes et deviennent nombreux dans les artères principales. On les dispose de préférence en alternance sur les côtés de chaussées, et portés par des candélabres, ou des consoles si le trottoir est étroit ; dans les rues principales, on place assez souvent les candélabres en face l'un de l'autre sur les trottoirs, de façon à obtenir de belles lignes de feu ; cette disposition est, pour ainsi dire, de règle quand la chaussée est très large et comporte des refuges sur lesquels on place des foyers intermédiaires. Les spécialistes sont loin d'être d'accord sur celle de ces dispositions qui peut être préférable, il semble qu'on se règle sur des considérations plutôt locales que générales.

Eclairage au gaz.

a) Conduites et accessoires. — Presque partout les conduites de gaz sont placées sous la chaussée ; on ne les admet pas dans les égouts par crainte des fuites. Elles ne montrent qu'un petit nombre d'accessoires apparents sur la surface de la voie publique : des vannes d'interception, des regards de dégorgement placés aux points bas et quelquefois des siphons isolateurs aux croisements les plus importants.

En général, les branchements de prise des abonnés sont en plomb et recouverts d'une gaine en bois ; les robinets d'intercep-

tion sont placés sous trottoirs ou dans les façades des immeubles.

On peut signaler en passant que quelques villes n'ont jamais pu obtenir de leurs concessionnaires l'établissement de plans exacts de canalisation, ce qui n'est pas sans inconvénients pour les recherches de fuites ou les réparations.

b) Foyers lumineux. — Pour l'éclairage public, les anciens foyers lumineux à flamme nue tendent à disparaître pour faire place à l'incandescence, qui est adoptée dans un grand nombre de villes et donne un éclairage certainement plus satisfaisant. L'industrie gazière cherche d'ailleurs à lutter contre la concurrence électrique par des dispositifs nouveaux qui donnent lieu actuellement à de nombreux essais, tels que : l'emploi de grands manchons droits ou renversés avec gaz (comprimé), l'emploi de lanternes à plusieurs manchons suspendues sur candélabres et même sur transversales. Les essais paraissent donner de très beaux résultats. On peut citer, dans le même ordre d'idées, l'allumage automatique à distance dont il n'existe que quelques applications d'expérience très réduites. Les gaziers ont d'ailleurs la prétention d'arriver à des résultats supérieurs à ceux que donne l'électricité.

Eclairage électrique.

a) Canalisations. — Les canalisations électriques peuvent être aériennes ou souterraines. Dans les petites localités, on emploie pour ainsi dire exclusivement les fils ou câbles aériens pour la haute et la basse tension. Dans les villes, on exige plutôt des canalisations souterraines pour la haute tension. Dans les grandes villes, enfin, toutes les canalisations sont souterraines dans les voies centrales, et on admet la basse tension en canalisations aériennes dans le reste de la ville. On trouve toutefois des exemples où toutes les canalisations sont souterraines.

Ces dernières, qui intéressent plus particulièrement la voie publique, sont très fréquemment constituées maintenant par des câbles fortement armés, posés directement dans le sol et presque toujours sous trottoir ; on impose souvent à la traversée des chaussées la mise en place de tuyaux ou caniveaux qui permettent le remplacement des câbles par tirage sans démonter le revêtement.

Dans quelques villes, le tracé des canalisations est repéré

entre les boîtes de coupure par des pavés marqués jalonnant le tracé.

b) *Foyers lumineux.* — Dans les petites villes, où il n'y a pas d'autre éclairage, les foyers sont constitués presque exclusivement par des lampes à incandescence. Quelques lampes à arc seulement sont utilisées soit en permanence pour de grandes places, soit temporairement pour des fêtes ou autres circonstances spéciales.

Dans les grandes villes, au contraire, c'est la lampe à arc qui domine. Elle est portée sur des candélabres surélevés pour les promenades, sur des pylônes pour les grandes places, quelquefois sur des suspensions transversales quand la largeur de la rue le permet. On la trouve souvent associée au gaz sur les mêmes candélabres ; l'électricité ne joue alors qu'un rôle décoratif et est éteinte dans le courant de la nuit.

L'éclairage par lampes à arc n'est pas toujours très satisfaisant, et les électriciens ont cherché à l'améliorer en modifiant soit la nature des charbons, soit leur position. Un certain nombre de dispositifs nouveaux sont actuellement en expérience.

Exécution des travaux. — Les travaux de canalisations de gaz et d'électricité sont, presque partout, exécutés par les concessionnaires ; ce mode d'exécution donne lieu à certaines difficultés comme nous le verrons plus loin.

V. — *Distribution d'eau.*

Renseignements généraux. — Parmi les villes de plus de 5 000 habitants, 504, sur 643, sont pourvues d'une distribution d'eau ; 25 ne donnent pas d'abonnements aux particuliers, et n'ont que des fontaines publiques.

On tend de plus en plus à faire de la distribution des eaux une régie municipale, à racheter les concessions ou ne pas les renouveler quand elles viennent à expiration ; actuellement, 317 villes sur 479 administrent elles-mêmes leur distribution en régie.

Les eaux de nappes souterraines, sources, drainages, galeries captantes ou puits artésiens alimentent le plus grand nombre des villes (369) ; les autres utilisent, directement ou indirectement par galeries, les eaux de rivières et lacs naturels ou artificiels. Parmi ces dernières, l'emploi de filtres rationnellement établis

se répand de plus en plus ; trois villes même emploient des filtres pour leurs eaux de sources ; quatre autres stérilisent, en outre, leurs eaux au moyen de l'ozone.

Conduites et accessoires. — La distribution de l'eau exige la mise en place de canalisations et de nombreux accessoires placés sur ou sous le sol des rues ; à ce point de vue ce service est celui qui est le plus susceptible d'encombrer la voie publique, car on ne peut que très rarement trouver des égouts suffisants pour y placer les conduites d'eau comme le fait la ville de Paris.

En règle presque générale, dans chaque rue une seule conduite existe sous la chaussée, ce n'est que dans les grandes villes et pour quelques voies de premier ordre, que l'on trouve une conduite sous chaque trottoir.

De nombreux robinets d'interruption sont placés sur la conduite ainsi que les robinets de prise d'eau des abonnés. Les plus importants sont souvent logés dans un regard fermé par une trappe en fonte, le plus grand nombre est muni d'une bouche à clef, dont la tête porte un petit tampon mobile pour le passage de la clef de manœuvre. Le tracé des conduites est ainsi jalonné par une série de tampons de fonte qui ne se raccordent pas toujours très bien avec le revêtement. La position donnée aux robinets d'abonnés se justifie par la possibilité de faire des réparations aux branchements sans arrêter le service de la conduite principale.

Ces branchements sont exécutés avec des tuyaux de plomb et, par conséquent, susceptibles de détériorations ; mais comme le plomb est assez épais, on n'entoure pas les tuyaux d'une gaine protectrice comme pour le gaz.

Quelques villes, toutefois, suppriment la bouche à clef placée sous chaussée et mettent les robinets des abonnés sous trottoir. Elles font les prises d'eau soit avec une boîte de raccord, soit avec un robinet ordinaire qui restent enterrés dans la chaussée. Les réparations n'exigent qu'une petite extension de la fouille pour chercher le robinet et quelquefois des épuisements ; il ne semble pas que ces villes aient plus de difficultés que les autres pour assurer leur service. La généralisation de méthodes analogues et peut-être l'adoption d'une gaine protectrice pour les branchements seraient avantageuses pour les chaussées.

Appareils de distribution. — Les appareils de distribution publique : fontaines, poteaux d'arrosage, prises d'eau d'arrosage

et d'incendie sont placés sur les trottoirs. On cherche cependant à les encombrer le moins possible ; les fontaines sont placées soit contre les immeubles, si les propriétaires y consentent, soit du côté de la bordure et de préférence contre un autre obstacle, candélabre, poteau de tramway, etc. ; les poteaux d'arrosage tendent à disparaître par l'adoption de tuyaux de remplissage en caoutchouc pouvant s'adapter aux autres prises d'eau ; ces dernières sont sous trottoir, car on emploie peu les modèles en élévation usités à l'étranger, surtout dans les pays froids.

Exécution des travaux. — Dans les distributions concédées, le service municipal se réduit à un simple contrôle et c'est le concessionnaire qui exécute les travaux. Dans les régies municipales, la régie ne comporte souvent que les opérations administratives, le captage et le pompage de l'eau ; les travaux de canalisation et leur entretien sont confiés à des entrepreneurs, soit à forfait, soit sur série de prix.

On aime peu les travaux en régie, qui passent pour plus onéreux. Mais en développant l'entreprise, on sacrifie à l'économie l'urgence des opérations à exécuter. L'entrepreneur tend naturellement à utiliser le plus possible son personnel et l'emploie surtout aux travaux qui lui sont avantageux. Lorsqu'il se produit un accident, une rupture de conduite, par exemple, il faut plusieurs heures avant que le personnel ait été réuni, se soit rendu sur place, et ait exécuté les opérations indispensables. Pendant ce temps, l'encombrement des chaussées augmente, les dégâts s'aggravent et, de cette aggravation, résultent de notables dépenses de réparations et d'indemnités aux riverains. Il paraîtrait préférable de payer le service un peu plus cher, en lui assurant une permanence susceptible de remédier sans retard à des accidents toujours possibles.

VI. — *Influence des travaux de voirie sur la circulation.*

Inconvénients des canalisations placées sous les chaussées. — Il ressort de cet exposé qu'en règle générale, le sous-sol des rues est occupé par de nombreuses canalisations susceptibles de causer des embarras tant par leurs accessoires qui occupent d'une façon permanente la surface, que par l'exécution des travaux qu'elles nécessitent.

Il faut ajouter que ces canalisations ont l'inconvénient de ne

pas permettre l'emploi de chaussées établies sur fondation rigide, parce que ces fondations rendent trop onéreuses les opérations à exécuter sur les conduites d'eau et de gaz ou d'électricité, et que, de plus, après exécution des travaux, il est difficile de rétablir dans de bonnes conditions la fondation démolie. On a bien proposé d'établir ces fondations dans les rues au moyen de plaques amovibles en béton armé, mais on ne peut se prononcer sur la valeur de ce procédé, car nous n'en connaissons pas d'applications en grand.

Il serait donc utile de faire disparaître des chaussées ces organes indispensables, mais fort gênants. Leur réunion dans l'égout est une solution rarement praticable et toujours incomplète, puisque le gaz n'y est pas admis ; leur logement sous trottoir est plus facilement réalisable, il existe aujourd'hui dans quelques voies de luxe et pourrait être plus répandu dans les rues très passantes. Lorsque les trottoirs sont trop étroits, il n'y a, d'ailleurs, qu'un faible inconvénient à s'étendre jusqu'aux parties latérales de la chaussée, car la partie centrale restera toujours libre pour la circulation et, n'étant jamais démolie, sera susceptible d'un meilleur entretien.

On peut citer nombre de villes modernes étrangères qui, ayant à faire face à un développement rapide, ont pu en profiter pour organiser rationnellement leur voie publique. Elles ne laissent sous chaussée que les artères principales des canalisations, ces artères ne donnent lieu que rarement à des opérations intéressant la voie publique ; elles sont reliées de loin en loin avec les mailles secondaires placées sous trottoir.

On trouve souvent la disposition suivante : près des façades, les câbles télégraphiques et téléphoniques, puis le gaz, l'eau et l'égout secondaire qui dessert les immeubles et la voie publique ; les canalisations d'énergie électrique se placent dans les intervalles des précédentes. Tous ces ouvrages sont établis suivant des règles fixes qui permettent de les retrouver facilement.

Il semble que l'emploi de cette méthode serait avantageux pour toutes les villes ; si l'on établissait à l'avance un plan d'aménagement du sous-sol de la voie publique, on pourrait immédiatement l'appliquer à toutes les rues nouvelles et l'étendre progressivement aux anciennes, au moment où elles subissent une réfection ou une grosse réparation.

On obtiendrait encore un meilleur résultat en établissant sous trottoir des galeries éclairées et ventilées susceptibles de rece-

voir toutes les canalisations accessoires. Des projets de ce genre ont été quelquefois présentés dans les revues techniques, mais nous ne croyons pas qu'on les ait jamais mis en exécution. Cette disposition nous paraît celle de la rue de l'avenir ; elle donnerait toujours une chaussée disponible pour la circulation, et des sous-trottoirs où toutes les canalisations trouveraient place avec de grandes facilités de pose et de réparation.

Suppression des regards et bouches à clef sous chaussée. — En attendant la réalisation de cet état futur, il est recommandable d'améliorer le plus possible le présent ; on doit se proposer deux buts : débarrasser le plus possible les chaussées des accessoires qui les encombrent d'une façon permanente, réduire au minimum les embarras causés par les travaux.

D'après ce que nous avons dit plus haut, les communications des égouts avec la surface pourraient toujours se placer sous trottoir ou contre la bordure ; il pourrait en être de même pour les dégorgements des conduites de gaz qui ne porteraient alors que des regards très éloignés, l'électricité généralement sous trottoir est peu gênante, et l'encombrement des conduites d'eau pourrait être considérablement réduit, en reportant sous trottoir les robinets d'interception des abonnés.

On arriverait à diminuer, dans des proportions considérables, le nombre des trappes de regard et de têtes de bouches à clef qui occupent la chaussée et sont rarement au même niveau qu'elle. Il convient d'ailleurs d'adopter pour ces organes des types résistants, et dont les parties mobiles présentent une fixité suffisante pour ne pas être déplacés ou enlevés, et constituer ainsi un danger.

On peut signaler, en outre, que si ces organes sont facilement maintenus dans les voies pavées, il n'en est pas de même dans les voies empierrées. Sur celles-ci, beaucoup de villes consolident leurs têtes de regard et de bouche à clef au moyen d'un encadrement pavé ; les pavés ne tardent pas à faire saillie sur la chaussée ; exposés aux chocs, ils se détériorent rapidement et aggravent ainsi les inconvénients de l'appareil qu'ils doivent protéger. On peut se demander si ces encadrements pavés sont bien nécessaires puisque certaines villes ne les emploient pas ; en admettant qu'ils soient imposés par des conditions locales particulières, il serait désirable de voir appliquer un autre mode de consolidation qui permît de maintenir un meilleur raccord avec la chaussée. Par des dispositions convenables, ainsi que par

la réduction du nombre de ces appareils accessoires, on arrivera forcément à faciliter leur entretien qui doit avoir pour objectif de les maintenir constamment au niveau de la chaussée, sans saillies ni dépressions.

Exécution des travaux.

a) Revêtement des chaussées. — Dans les travaux dont la voie publique est le siège, il faut distinguer ceux qui concernent la réfection du revêtement, et ceux qui sont relatifs aux canalisations sous chaussées.

Pour la réfection du revêtement, on ne peut poser des règles invariables, il faut évidemment gêner le moins longtemps possible la circulation, et les méthodes de travail à employer dans ce but dépendent des circonstances locales et des moyens d'action dont on peut disposer.

Si la chaussée est étroite, il faut se résigner à interdire le passage, à barrer la rue entre deux voies aboutissantes et à exécuter les travaux le plus rapidement possible. Quand la chaussée est assez large, on opère généralement par fractions de largeur qui laissent aux véhicules un passage rétréci, mais suffisant ; ce fractionnement est de règle quand il y a des voies de tramways.

Néanmoins, si les voies aboutissantes sont rapprochées et commodes pour dériver la circulation, si les moyens d'exécution sont suffisants, et surtout si l'on peut travailler la nuit, il est quelquefois plus rapide de ne pas fractionner les chaussées, et il y a certainement avantage pour la bonne façon du revêtement à l'exécuter sur toute la largeur en même temps.

b) Canalisations. — Les autres travaux comportent des fouilles en tranchées sous les chaussées, et sont très fréquemment exécutés par les concessionnaires des services publics, conformément aux prescriptions générales des règlements de voirie.

Ces règlements leur imposent l'exécution sous le contrôle et, suivant les indications du service de la voirie, de l'obligation de n'ouvrir que la longueur de tranchée qui pourra être comblée dans la même journée, l'interdiction de barrer les rues sans autorisation, l'établissement de clôtures, d'éclairage et de gardiennage des chantiers, la réfection du revêtement et son entretien pendant une durée de six mois à un an, etc.

Il arrive, malheureusement, que les concessionnaires n'ob-

servent pas exactement ces prescriptions, et opposent une certaine résistance aux injonctions des services de voirie quelquefois impuissants.

On obtient très difficilement que les rues ne soient pas barrées, que les terres provenant des excavations ne soient pas déposées en cavaliers encombrants le long des berges de la fouille. Ces dépôts n'offrent que peu d'inconvénients lorsque les travaux n'occupent qu'une petite surface et sont disposés transversalement ; mais, dans les tranchées longitudinales, ils occupent inutilement une grande partie de la largeur ; on peut exiger alors qu'ils soient faits du côté du trottoir, ou, à défaut, que les terres soient enlevées, mais cet enlèvement et les frais supplémentaires qu'il entraîne donnent lieu à des contestations.

Le comblement est souvent fait d'une manière trop hâtive, et la réfection des chaussées laisse à désirer ; la trace des travaux persiste alors longtemps après leur achèvement, les réparations nécessaires se font attendre, et on est contraint à des mesures coercitives, à des réfections tardives.

C'est pour cela que certaines villes se réservent d'exécuter elles-mêmes, aux frais des concessionnaires, la réfection définitive des chaussées qui peut alors être exécutée plus régulièrement. De plus, cette manière de faire confier à un même entrepreneur pour toute la ville et la même partie de la ville, tous les travaux qui intéressent le revêtement paraît susceptible de donner les meilleurs résultats.

c) *Mesures de sécurité.* — Pendant l'exécution des travaux, des mesures de sécurité s'imposent ; ces mesures ne sont généralement pas précisées par les règlements et résultent plutôt d'usages locaux ; elles comportent les clôtures généralement légères, car les clôtures et palissades résistantes ne sont employées que pour les travaux de longue durée.

Les terres rejetées en cavaliers défendent la fouille du côté où elle peut être abordée par les véhicules ; la clôture est complétée par des piquets en fer ou en bois reliés par des cordes ou des traverses. Si les terres ne peuvent rester sur la chaussée, la clôture légère s'étend le long de la tranchée, et elle suffit pendant le jour et quand les travaux sont bien apparents.

Lorsqu'il n'en est pas ainsi, et en particulier quand il s'agit de tranchées transversales, on ajoute des signaux, plaques indicatrices ou drapeaux rouges dans le voisinage du travail, quelquefois des gardiens ; ces précautions sont obligatoires quand la

tranchée intéresse une voie de tramways, car alors la clôture ne peut être fixe.

On se plaint souvent que ces signaux de protection trop rapprochés des tranchées ne permettent pas aux véhicules rapides, aux automobiles, d'apercevoir assez tôt les travaux et de s'arrêter sans dommages. Quelques villes ont essayé d'employer des procédés d'avertissement plus distants des fouilles et, en particulier, des poteaux indicateurs qui, placés aux voies adjacentes les plus voisines, ont pour but de dériver en partie la circulation ; elles reconnaissent que ces signaux, variables d'une localité à l'autre, ne sont pas compris et n'ont qu'un faible effet.

Peut-être y aurait-il lieu d'étudier, comme on l'a fait pour la route, des types de signaux uniformes, tout en laissant aux villes la latitude de les placer aux points les plus propices et qui peuvent varier suivant les conditions locales.

Lorsque les excavations ne peuvent être comblées à la fin de la journée, les clôtures restent en place, et on les éclaire pour la nuit au moyen de lanternes convenablement placées. Ces lanternes sont pourvues de vitres incolores et on a signalé quelquefois que, par leur hauteur et leur situation, elles pouvaient être confondues avec celles des véhicules ; cette confusion aurait pour résultat de diriger une voiture automobile sur la tranchée qu'elle doit éviter. On a proposé alors l'emploi de lanternes à verres rouges, mais ces verres de couleur diminuent notablement l'intensité lumineuse qui n'est pas très forte et, de plus, certains véhicules portent des feux d'arrière rouges.

Cette question reste donc sujette à controverse et pourrait être étudiée en même temps que celle des signaux de protection.

VII. — *Résumé et conclusions.*

En résumé, la voirie urbaine, par ses conditions spéciales d'établissement, par l'intensité de la circulation qui s'y produit et par les exigences du confort ou de l'hygiène, donne lieu à des problèmes dont les solutions sont particulièrement complexes et difficiles.

Néanmoins, quand on jette un coup d'œil d'ensemble sur la voirie urbaine française, on constate avec satisfaction que toutes les municipalités font les plus grands efforts pour maintenir leurs voies publiques en état de satisfaire aux besoins de la

circulation ; elles appliquent à la poursuite de ce résultat toutes les ressources qu'elles peuvent prélever sur les budgets souvent modestes, et cherchent constamment à améliorer leur voirie par l'essai et l'adoption de méthodes d'exécution perfectionnées.

Bien rares sont celles dont le développement rapide et la prospérité permettent la création de quartiers neufs établis suivant les exigences modernes ; toutes paient plus ou moins la rançon de leur ancienneté et, liées par des situations préexistantes, ne peuvent marcher que lentement dans la voie du progrès.

C'est surtout dans les détails que l'on pourrait souhaiter des transformations plus rapides ; ces détails d'exécution présentent d'une ville à l'autre des variations exclusivement justifiées par des habitudes ou des traditions locales et dont la modification, en apparence insignifiante, peut avoir cependant les effets les plus heureux.

Au cours de notre examen, nous avons cru devoir relever quelques points qui nous paraissent appeler les conclusions suivantes

1° Lorsque les différents services qui intéressent la voirie ne sont pas centralisés sous une même direction effective, il est indispensable de maintenir entre ces services une entente constante et de coordonner leurs travaux, de manière à leur assurer la marche rationnelle la plus conforme aux intérêts de la circulation ;

2° Il serait désirable de débarrasser le plus possible les chaussées des canalisations qui les encombrent (conduites de gaz, électricité, eaux, etc.), en reportant ces canalisations du côté des trottoirs ; à cet effet, il serait indiqué d'étudier pour le sous-sol de la voie publique, comme pour sa surface, des plans d'aménagement dont on poursuivrait la réalisation progressive ;

3° Lorsque les canalisations doivent subsister sous la chaussée, il convient de diminuer le plus possible le nombre des organes apparents à la surface, de choisir pour ceux-ci des modèles résistants dont toutes les parties présentent une fixité convenable, et de les maintenir par un entretien constant au niveau de la chaussée, sans saillies, ni dépressions ;

4° Dans l'exécution des travaux de voirie, on doit toujours chercher à réduire le plus possible la durée et l'étendue de l'encombrement de la voie, ainsi que les entraves apportées à la

circulation, et rétablir le plus rapidement possible la continuité du revêtement ; à cet effet, le service de la voirie doit disposer de pouvoirs suffisants à l'égard de ceux qui exécutent ces travaux ; il paraît, en outre, avantageux de confier au même entrepreneur, et dans tous les cas, la réfection des revêtements de même nature dans toute la ville ou dans la même section de la ville, si celle-ci est sectionnée entre plusieurs entreprises ;

5° Les mesures de protection et les signaux d'avertissement de ces travaux présentent des variations notables ; il paraîtrait utile de leur donner plus d'uniformité, de préciser leur nature, leurs dimensions et leur situation, et d'établir, après enquête, une sorte de code de la rue qui servirait de guide aux Maires chargés par la loi d'assurer la police de la voie publique.

G. LIDY.

63462. — Imprimerie LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris.

52

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION
DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE
ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR

EDWARD JOHN SILCOCK
M. Inst. C. E., F. S. I.
Past President of the Society of Engineers
London

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

MÉTHODES D'ENTRETIEN ET DE RÉPARATION

DES ROUTES AU CAS DE CANALISATIONS SOUTERRAINES

Une des difficultés qui se présentent à l'Ingénieur des routes, c'est la remise en état et l'entretien des chaussées où des tranchées ont été ouvertes pour la mise en place, ou la réparation, de canalisations ou de tuyaux souterrains.

Par ces mots, on entend toute espèce de conduits souterrains tels que égouts, conduites maîtresses pour la lumière électrique ,le télégraphe, le téléphone, etc.

Il est extrêmement désagréable pour l'Ingénieur, quand il a dépensé beaucoup de matériaux, de main-d'œuvre et de travail de surveillance dans la restauration d'une des principales routes de son service et qu'il compte sur son maintien en bon état d'entretien pendant deux, trois années ou même davantage ,d'en voir éventrer la chaussée pour permettre l'exécution d'un travail souterrain, ce qui a pour conséquence inévitable la formation, sur le profil de la route, d'une cicatrice qui mettra très longtemps à disparaître.

Les personnes sans réflexion demanderont tout de suite pourquoi, avant de commencer les travaux de réparation de sa route, l'Ingénieur ne s'est pas informé des installations souterraines qui paraissent vraisemblablement devoir être exécutées dans un avenir prochain.

De telles personnes n'ont évidemment jamais été à la place d'un Ingénieur de Routes. Même quand c'est le même fonctionnaire qui a le contrôle de tous les travaux des services publics exécutés dans sa circonscription, il trouve les plus grandes difficultés à les ordonner rationnellement; mais, lorsque, comme il arrive beaucoup plus souvent, d'autres fonc-

tionnaires du même cadre ou de cadres différents, sont à la tête des diverses autres sections de travaux publics, il lui est alors tout à fait impossible de s'arranger de manière à éviter les inconvénients signalés.

En fait, on peut discuter sur le point de savoir si, dans la majorité des cas, la question vaut la peine d'être envisagée au point de vue financier.

Le coût d'établissement des égouts, des conduites maîtresses d'eau et autres ouvrages similaires est très élevé, et, eu égard aux intérêts économiques sur le capital dépensé et à l'amortissement de ce capital, il est souvent de meilleure administration de différer la construction des ouvrages jusqu'à ce qu'ils offrent une utilité immédiate, plutôt que de les exécuter prématurément pour se conformer au programme des travaux de routes.

Sans doute, dans un Etat idéal, il n'y aurait pas dualisme de contrôle et les diverses branches des services publics seraient contrôlées et leurs travaux coordonnés par une autorité supérieure; mais dans les conditions présentes, cet idéal n'est jamais atteint et l'on peut seulement faire tout son possible pour réduire au minimum ce qui est en apparence un gaspillage des fonds publics.

Une autre idée souvent exprimée est que si nous avions des galeries souterraines (subways) sous toutes nos rues et routes, cette situation fâcheuse ne se présenterait pas. Eh bien! est-ce là une véritable solution, et s'il en est ainsi; pourquoi l'idée n'est-elle pas mise à exécution? La réponse à la première de ces questions est qu'il est vrai, en partie seulement, de dire que les galeries souterraines éviteraient l'ouverture des tranchées dans les routes.

Quand on construit des galeries souterraines, deux solutions sont possibles: dans la première, l'ouvrage est placé au centre de la route et les branchements ou conduites particulières d'eau, de gaz, etc., qui s'en détachent traversent le sol de la route jusqu'aux maisons. Ceci entraîne l'éventrement de la chaussée chaque fois qu'un nouveau branchement est réclamé ou que des ouvrages anciens ont besoin de réparations, c'est pourquoi, bien que le système puisse réduire la somme des inconvénients que présentent ces travaux pour la route, il n'y remédie pas complètement.

La deuxième solution consiste à construire deux galeries

souterraines de chaque côté de la route sous les trottoirs ou, dans le cas où les fondations s'étendent au delà de l'alignement, aussi près que possible du mur de fondation.

En dehors de la question de dépense, on a reproché à ce système de galeries souterraines, de se prêter facilement aux tentatives des voleurs ou autres personnes cherchant à pénétrer dans les propriétés par des moyens subreptices.

Si ce mode de construction était adopté, les tuyaux des canalisations pourraient être introduits directement dans les propriétés privées à travers les murs des fondations sans qu'il soit nécessaire de défoncer le revêtement de la route.

Mais, dans ce cas, l'isolement des conduites branchées sur l'égout ne pourrait être réalisé aussi efficacement que lorsqu'il existe une poche de retenue et une vanne d'isolement.

Cependant, la principale objection que l'on fait aux galeries souterraines est d'ordre financier. On a constaté qu'à l'exception des rues les plus encombrées et les plus importantes des grandes villes, il est tout à fait irréalisable financièrement, de construire un système de galeries souterraines. Aussi, dans la pratique, quand on s'occupe de l'entretien des chaussées, cette méthode ne peut être prise en sérieuse considération. La longueur totale des rues d'importance suffisante pour qu'il vaille la peine d'y construire des galeries souterraines, est tout à fait insignifiante comparée à l'immense longueur des routes d'autres classes où se présentent les difficultés réelles d'entretien dont il s'agit.

Dans les rues importantes où l'on construit des galeries souterraines, il importe moins de ne pas défoncer la chaussée que d'épargner au public les inconvénients résultant de la privation de l'usage de la rue.

Aussi, pour l'objet de ce rapport, n'est-il pas nécessaire d'examiner plus amplement la question des galeries souterraines, mais il faut considérer que l'établissement de canalisations dans le sous-sol, d'une large proportion de nos routes est indispensable et que pour construire, réparer ou raccorder ces canalisations, il n'est pas possible de ne pas faire de tranchées dans la chaussée.

Les points à examiner sont alors:

1° la position de la tranchée;

2° le moment où elle doit être ouverte;

3° les précautions à prendre pour réduire au minimum le dommage causé par la fouille.

I. En ce qui concerne l'emplacement de la tranchée, il est naturellement évident que sur les routes, en rase campagne, où il est souvent nécessaire de mettre en place de grandes longueurs de conduites d'eau et de gaz, il est désirable de choisir comme emplacement les accotements gazonnés, là où il en existe. C'est la meilleure position à tous les points de vue, à la fois au regard de la facilité des travaux et de la réduction au minimum de la gène causée à la circulation, des inconvénients permanents résultant pour la route, de la présence des couvercles de valves et des trous d'homme, enfin des frais d'entretien de la route après achèvement des travaux.

Malheureusement, il arrive fréquemment qu'il n'y ait pas d'accotements gazonnés et il devient alors nécessaire de placer la canalisation sous la partie macadamisée de la route.

Quand les routes sont droites et larges, on ne rencontre généralement pas de difficulté pour placer les tuyaux sur le côté de la route de telle sorte qu'il n'en résulte pas une trop grande gêne pour la circulation pendant la construction, ni après les travaux d'une manière permanente par suite de la présence des couvercles de trous d'homme et de valves.

Cependant lorsqu'il s'agit de construire des égouts sous des routes sinueuses, il est nécessaire, pour réduire le nombre des trous d'homme au minimum, de poser les tuyaux suivant des lignes droites, ce qui implique des tranchées coupant la route d'un côté à l'autre.

Cette disposition entraîne un maximum de dommage pour la chaussée, ainsi que le maximum de gêne temporaire pour la circulation durant les travaux. En outre, les couvercles des trous d'homme placés près des rigoles et des bouches d'eau sont difficiles à entretenir de niveau avec le profil général de la route.

Par contre, lorsqu'il s'agit de l'installation de conduites d'eau ou de gaz ou d'autres canalisations faites de tuyaux de fonte, il est généralement possible d'ajuster les joints de manière à permettre d'établir la tranchée en ligne courbe suivant la direction de la route.

S'il s'agit de câbles conducteurs d'électricité pour l'éclairage placés sous des routes ordinaires, ils peuvent être posés sous les trottoirs, et si ceux-ci sont formés de dalles naturelles

ou artificielles, l'aménagement peut se faire sans grand dommage pour eux.

Quand la surface du trottoir a été exécutée en béton ou en asphalte, l'établissement d'une canalisation en tranchée est désastreux, car après sa remise en état, le trottoir reste déformé par une cicatrice permanente qui apparaît vraisemblablement pendant des années.

II. Passant maintenant à la question de l'époque où la tranchée doit être ouverte, nous trouvons unanimité d'opinions en faveur des mois d'été autant que possible. Les avantages de cette saison de l'année sont des jours plus longs et moins de gêne causée par l'eau, ce qui permet aux travaux de se faire à meilleur compte et plus rapidement. Grâce à la plus longue durée des heures de jour, il y a en outre moins de frais d'éclairage et de garde et moins de danger pour le public que pendant les heures de nuit.

Naturellement, il n'est pas toujours possible d'exécuter les travaux dans les conditions les plus favorables. Mais autant qu'il se peut, ce devrait être le but visé par ceux qui ont le contrôle des routes en même temps celui de la construction des canalisations sous chaussée.

III. En ce qui concerne la réduction au minimum du dommage causé à la route, un des points les plus importants à se mettre dans l'esprit est qu'il faut conserver les matériaux de la chaussée et les séparer des déblais du sous-sol.

Pour toute tranchée établie sur une route pavée ou sur une route macadamisée, ce devrait être une règle absolue que tout l'empierrement ou le pavage soit d'abord enlevé et placé d'un côté de la tranchée et que le sous-sol soit ensuite creusé et les déblais placés de l'autre côté de la fouille. En outre, on devrait veiller à ce qu'à l'emplacement des travaux, le macadam ne soit pas enlevé par l'entrepreneur ou par toute autre personne responsable de leur exécution.

Tous les matériaux de la chaussée devraient être convenablement passés au crible et triés avant d'être remis en place.

Au moment du comblement de la fouille, le remblai devrait être complètement damé avec le plus grand soin avant que la chaussée ne soit rétablie par dessus.

Dans les tranchées profondes pour égouts, il est tout à fait impossible de raffermir assez le sous-sol pour qu'aucun tassement ne puisse se produire. Mais afin que le pilonnage des

déblais soit complètement exécuté, il est courant de stipuler dans les cahiers des charges, qu'une hie devra être employée par chaque homme ou groupe de deux hommes occupé à rejeter la terre dans les tranchées.

Dans quelques cas, on favorise la consolidation si l'on arrose la tranchée de temps en temps pendant qu'on la remplit de terre et il en est ainsi spécialement si le terrain est de nature sablonneuse.

Quand la tranchée a été comblée jusqu'au niveau de la partie inférieure du revêtement de la chaussée, le pavage doit être remis en place et l'empierrement rétabli et bien consolidé par pilonnage et cylindrage; les interstices étant remplis aussi peu que possible de matériaux d'agrégation.

Il faut laisser à la surface rétablie un certain surhaussement au-dessus du profil général de la route, de manière à permettre un léger tassement, mais ce surhaussement ne doit pas être excessif, autrement il s'opposerait à l'écoulement naturel des eaux de la route et provoquerait la formation d'une rigole sur le côté de la tranchée le plus voisin de l'axe de la route.

Si, après toutes ces précautions prises, il se trouvait que la tranchée se tasse plus qu'il ne faut, pour ramener la légère surélévation dont il a été parlé au niveau du profil général de la route, il faudrait ajouter du macadam de temps en temps pour amener la surface au niveau convenable.

La profondeur à laquelle les tuyaux des canalisations doivent être placés au-dessous de la surface du sol, doit également être examinée. En général, on trouve pratique de ne pas placer les tuyaux en fonte des canalisations d'eau ou de gaz à moins de trois pieds (0 m. 93) de la surface du sol; spécialement pour les conduites d'eau, les branchements particuliers ne devraient pas être placés à moins de 3 pieds de la surface, car cette profondeur est nécessaire pour empêcher les tuyaux de geler pendant les très grands froids. Si des conduites de fonte sont placées à moins de trois pieds de la surface, elles risquent d'être rompues par le passage des engins de traction de poids lourds.

Pour les canalisations d'égouts en tuyau de grès, si elles sont posées à moins de 4 pieds (1 m. 22) de profondeur, elles devraient être renforcées avec du béton, et, même ainsi, elles

ne devraient jamais être placées à moins de 2 pieds (0 m. 61) de profondeur.

La question des inconvénients qui résultent pour la route de la présence des couvercles en fonte de trous d'homme ou de valves, etc., ne doit pas être perdue de vue. Sur les routes empierrées, il est très désirable que les couvercles en fonte soient entourés d'un pavage en blocs de pierre, car il est très difficile de conserver en bon état d'entretien la ligne de jonction entre le couvercle en fonte et le macadam. Quand les couvercles sont entourés d'un pavage, la ligne de jonction est considérablement agrandie et n'est plus en ligne droite, ce qui rend l'entretien beaucoup plus facile.

En exécutant des ouvrages tels que ceux dont il est question, il convient d'apporter le plus grand soin à les entourer de clôtures, éclairer et garder les travaux.

Quand les hommes travaillent pendant les heures ordinaires de jour, il n'est généralement pas nécessaire d'avoir des gardiens spéciaux de service, ni même dans la plupart des cas, d'entourer la tranchée de clôture, mais on doit avoir pour règle invariable, durant les heures de nuit, d'élever une clôture autour des travaux, d'y fixer des lampes allumées et de mettre un gardien avec une cabane appropriée; le feu de garde doit être allumé à partir du moment où les ouvriers quittent le travail jusqu'au moment où ils reviennent, vers le matin.

Edward John SILCOCK
M. Inst. C. E., F. S. I.

(Trad. de Maisoncelle).

66111. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIE CONGRÈS — BRUXELLES — 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION
DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE
ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR
JOSEPH MIHÁLYFI
Conseiller technique de la Ville de Budapest
et
DIDIER JÁSZ
Conseiller technique des Travaux Publics
Budapest

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1910

Mode d'exécution des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau

---

L'art de la construction des rues était, à Budapest, jusqu'à la moitié du dernier siècle, dans un état assez rudimentaire. En 1870, la rue Kossuth-Lajos fut la première pavée en asphalte et c'est par elle que l'on commença à moderniser les rues de ladite capitale.

La première et la plus importante question dans l'établissement d'une rue, c'est la *répartition de sa largeur* : quel espace doit-on réserver aux piétons? Comment doit-on assurer la circulation des voitures, des cavaliers et, enfin, celle des tramways, des cyclistes et des automobiles? En ce qui concerne ces deux dernières catégories de véhicules, on ne peut leur réserver un emplacement spécial dans les rues de Budapest; il en est de même pour les cavaliers, sauf dans des cas très rares, par exemple, au delà de la rue Andrássy et du boulevard Hungária.

Les *trottoirs* occupent généralement la cinquième partie de la largeur totale de la route; dans les rues plus étroites et moins fréquentées (8 à 10 mètres de large), on peut s'écarter de cette règle. Comme on ne peut pas donner aux voitures assez d'espace pour y passer à trois de front, une chaussée de 5 mètres suffit, et il est possible de créer un trottoir de 1 m. 5 à 2 m. 5 de large, d'autant plus nécessaire que ces rues de la ville intérieure sont très peuplées et que, par suite, le nombre des piétons est relativement plus grand que celui des voitures.

Dans les rues plus spacieuses (20 mètres), il existe des trottoirs de 5 à 6 mètres de large, ou même plus, surtout quand

les tramways n'y passent pas. Le trottoir de la rue Kossuth (25 mètres de large) est de 5 mètres et celui de la partie intérieure de la rue d'Andrássy (34 mètres de large) est de 7 m. 5.

Les trottoirs du Grand-Boulevard, qui a 38 mètres de large, ont aussi 7 m. 5 de large, et il reste ainsi 23 mètres pour les voitures et deux voies de tramways; dessous, existe un grand égout collecteur, et, de chaque côté, une canalisation secondaire dans lesquels se déversent les branchements des maisons riveraines. Sous la rue Andrássy, au lieu d'égout collecteur, il existe un tramway souterrain et des canalisations de chaque côté sous les trottoirs.

Sur les bords des trottoirs dont la largeur est supérieure à 3 mètres, on a planté des *arbres* dont les pieds sont protégés par des grilles de fer de 1 mètre de rayon environ.

Les trottoirs sont séparés de la chaussée par une *bordure en pierre* de 24 centimètres sur 34 centimètres en profil transversal et de 1 m. 5 à 3 m. 5 de longueur; elle est en granit avec fondation maçonnée de quatre rangées de tuiles; cette bordure est coupée *devant les portes* cochères sur une longueur de 3 m. 50 (nommée *pierre de la porte*) et taillée obliquement suivant une forme spéciale (voir le dessin) qui facilite l'entrée des voitures et qui permet de ne pas surélever le caniveau ni d'enfoncer la bordure et, par suite, de ne pas déformer le profil longitudinal de la rue. La beauté de la rue en est considérablement augmentée. Il y a lieu de remarquer que cette méthode est, dans toute l'Europe, une *spécialité* exclusive de Budapest.

Les trottoirs de cette ville, dans les quartiers du centre, sont faits en asphalte (2 ou 3 centimètres d'asphalte coulé sur une fondation de béton de 10 centimètres); les trottoirs des rues des faubourgs sont pavés de pierre de trachite (26/26/13 sur fondation de sable de 10 centimètres) sur toute leur largeur.

Dans les faubourgs, les bordures des trottoirs sont taillées en pierre de 16/32/32 centimètres.

Il faut mentionner ici qu'en certains points de quelques larges places, il existe des refuges circulaires de 3 à 6 mètres de diamètre, séparés par une bordure en pierre, de la chaussée réservée aux voitures; ils servent de refuge au public au milieu des véhicules, et constituent des emplacements très favorables pour l'établissement de lampes; ils facilitent ainsi l'éclairage des places.

Au coin de deux rues, les trottoirs sont reliés par une bordure circulaire dont le rayon est pris d'après le trottoir le plus large.

Les deux voies de tramways sont, suivant la largeur de la rue, posées au milieu ou de chaque côté de la partie de la chaussée réservée aux voitures. La démarcation entre les deux systèmes se fait aux environs de la largeur de 25 mètres. Dans les rues inférieures à 25 mètres, les voies sont au milieu de la route. Sur les grands boulevards, qui ont 45 mètres de large, les voies de tramways sont placées à une distance de 3 m. 50 de la bordure de chaque trottoir. Il est ainsi créé de chaque côté, entre le trottoir et le tramway, des chaussées dont le pavage est moins soigné que celui de la chaussée centrale.

Quand les voies ferrées sont au milieu de la chaussée principale, la distance des bordures à l'axe de la chaussée est, en général, de 3 mètres; mais, dans quelques rues plus étroites, il a fallu se contenter de 2 m. 70. Dans ce cas, la chaussée parcourue par les voitures est pavée sur toute sa largeur avec les mêmes matériaux.

Dans plusieurs rues spacieuses, il a fallu prévoir des trottoirs de 5 à 6 mètres de large; mais, comme ils sont peu fréquentés, leur surface n'est pas revêtue sur toute son étendue; un espace de 1 mètre à 3 mètres de largeur, où les arbres sont plantés, reste sans revêtement; pour le préserver de la boue et de la poussière, il est simplement recouvert de gros sable.

Toutes ces mesures ont été sanctionnées par une expérience de trente à trente-cinq années et elles paraissent susceptibles d'être étendues d'une manière générale.

Le profil transversal du revêtement des trottoirs et des chaussées pour voitures est déterminé d'après la nature et la qualité de ce revêtement; pour les trottoirs, l'asphalte permet une déclivité de 1,5 p. 100, le pavage, de 2,5 p. 100. Pour les chaussées, l'asphalte admet 2 à 2,50 p. 100, le pavage, 3 p. 100; quand la chaussée pour voitures a une largeur de 15 à 20 mètres, 1,50 p. 100 suffit et, au surplus, une chaussée présentant une pente transversale plus prononcée n'est pas belle.

La construction d'une rue commence par la pose des bordures en pierre de chaque côté; après avoir ainsi terminé

deux directions principales, on déplace les installations et câbles souterrains, les voies de tramways, et on aborde ensuite l'exécution du pavage. Naturellement, selon les situations locales, certaines de ces parties peuvent être déjà faites.

Les *installations souterraines* sont établies de telle sorte, en général, dans les rues de Budapest, que l'égout est au milieu de la rue et que, sur l'un de ses côtés — toujours sous le chaussée — passe le tuyau de conduite d'eau à 1 mètre environ de la bordure du trottoir, tandis que sur l'autre, on trouve le tuyau de conduite du gaz.

Les autres installations souterraines, comme les câbles électriques de l'éclairage et de la force motrice et les câbles du téléphone sont établies sous le trottoir aussi près que possible des maisons.

Les câbles du téléphone sont placés dans des canaux de béton-bloc, qui en contiennent quelquefois 48, beaucoup plus profondément que les autres canalisations, c'est-à-dire assez profondément pour que ces dernières, et spécialement celles des maisons, puissent passer par-dessus sans nécessiter aucun déplacement.

L'éclairage des rues par le gaz est assuré au moyen de lampes à bec Auer, placées sur des candélabres ou des consoles et ayant une intensité d'environ 70 bougies. Ils consomment 125 litres de gaz par heure; la distance maxima entre deux becs est de 50 mètres et la distance minima 10 mètres; à l'intérieur de la ville, la distance moyenne est de 20 à 25 mètres.

Là où les trottoirs sont étroits, on attache les lampes sur des consoles. Dans les rues pourvues d'allées d'arbres et qui généralement ont un trottoir large, on emploie les candélabres; même, quand la grande largeur du trottoir l'exige, on se sert des deux systèmes. On emploie exclusivement les candélabres dans les quartiers des villes. Les candélabres sont toujours placés en dedans de la bordure du trottoir.

Dans les rues très fréquentées, on a été conduit par l'expérience à adopter des lampes à flamme Auer renversée.

Les conduites de gaz sont, en général, formées de tuyaux en fer ou en fonte protégés au moyen de plomb et de calfat goudronné selon les règlements de l'Union des ingénieurs allemands, mais, par exception, dans le sol marécageux ou

fraîchement remué, on se sert aussi de tuyaux d'acier Mannesmann, enveloppés de fil de jute goudronné.

Sur les ponts, il existe des tuyaux soudés bout à bout.

Les tuyaux de gaz sont régulièrement posés sous la chaussée des voitures; notamment dans les rues dont la largeur est inférieure à 15 mètres, il existe un tuyau sur l'un des côtés de la chaussée, à une distance de 1 mètre à 1 m. 20 du bord extérieur de la bordure du trottoir, et l'on place le tuyau de conduite d'eau de l'autre côté à la même distance. Dans les rues dont la largeur est supérieure à 15 mètres, il y a deux tuyaux de chaque côté de la chaussée à une distance de 2 mètres de la bordure du trottoir et les tuyaux de conduite d'eau sont placés chacun à 1 mètre de la bordure. Sur les routes plus larges encore (au delà de 25 mètres) on a mis, à la gauche et à la droite de la voie, à côté de la bordure, le tuyau de conduite d'eau puis une canalisation secondaire et, seulement au delà, à une distance de 3 mètres de la bordure, le tuyau de conduite du gaz.

Les tuyaux de cette dernière canalisation sont placés sous la route à une profondeur de 1 mètre à 1 m. 50, ceux de faible diamètre ont une déclivité de 0,50 p. 100 et ceux de diamètre plus fort de 0,2 p. 100 à 3 p. 100. On dispose aux points bas des réservoirs d'eau.

Le contrôle, l'aménagement et l'exécution de nouvelles canalisations rendent nécessaire l'adoption d'un revêtement aisément réparable et amovible.

Depuis peu, on dispose dans le pavage, tous les 15 ou 20 mètres, des évents destinés à permettre d'apprécier l'odeur du gaz, quand il existe des canalisations sous une fondation de béton; l'utilité n'en est pas encore bien établie.

Les tuyaux de fer ou de fonte durent généralement très longtemps et c'est seulement auprès des chemins de fer électriques ou des canalisations électriques mal calculées ou imparfaitement isolées, que les tuyaux se percent très vite sous l'action des phénomènes d'électrolyse dus aux courants vagabonds : le fer en fondant se sépare du corps du tuyau qui paraît intact au dehors et se transforme en une matière noirâtre analogue au graphite, laisse passer le gaz et se rompt aisément.

Après la pose, on remplit la tranchée du tuyau au moyen de boue quand on a de l'eau, dans le cas contraire, en pilon-

nant très soigneusement les terres par couches minces. Il serait seulement désirable qu'on eût les plus grands soins pour la conservation des câbles établis parallèlement aux autres canalisations ou à leur traversée, car les ruptures fréquentes de tuyaux occasionnent des fuites de gaz ou d'eau et des dangers, et que les affaissements sans rupture sont pernicieux en permettant aux précipités de se rassembler peu à peu en ce point bas et de fermer le passage du gaz en interrompant l'éclairage.

L'éclairage électrique public n'est encore adopté qu'à titre d'expérience dans les rues très fréquentées, mais il gagne beaucoup de terrain chez les particuliers. Pour amener l'électricité, on se sert à peu près exclusivement de câbles souterrains; il n'existe de lignes aériennes que dans les quartiers de villas. Les câbles souterrains sont partout sous trottoir à une distance de 1 mètre à 1 m. 50 des édifices, entre deux rangées de tuiles placées sur le côté saillant et recouvertes par des tuiles posées à plat. Là où les câbles traversent le corps de la chaussée, ils sont mis dans les tuyaux de béton. Les boîtes de jonction sont généralement placées sous le trottoir.

La dépose des conduites d'eau se fait, en général, comme celle des tuyaux de gaz. Il faut, toutefois, prendre des soins particuliers pour le déplacement des appareils de manœuvre souterrains. Il est désirable que, dans leur voisinage direct, on emploie — autant que possible — un pavage de la meilleure qualité. Les tuyaux sont placés, pour tenir compte des circonstances climatériques, à une profondeur de 1 m. 40 à 1 m. 50 sous le sol, et ils sont généralement sous la chaussée de manière à être à une distance d'au moins 2 m. 50 de la ligne des maisons et des autres ouvrages souterrains, et à 1 mètre au moins des voies de tramways. La distance entre deux tuyaux placés dans la même tranchée et, s'il est possible, à la même profondeur, est de 0 m. 25. L'eau des points bas et des appareils de nettoiement des conduites d'eau s'écoule à l'égout ou dans le fossé de la route.

L'entretien des conduites d'eau est plus difficile avec un pavage sur fondation de béton, parce que cette fondation empêche la prompte découverte des ruptures de tuyaux et, par suite, peut amener d'immenses dommages.

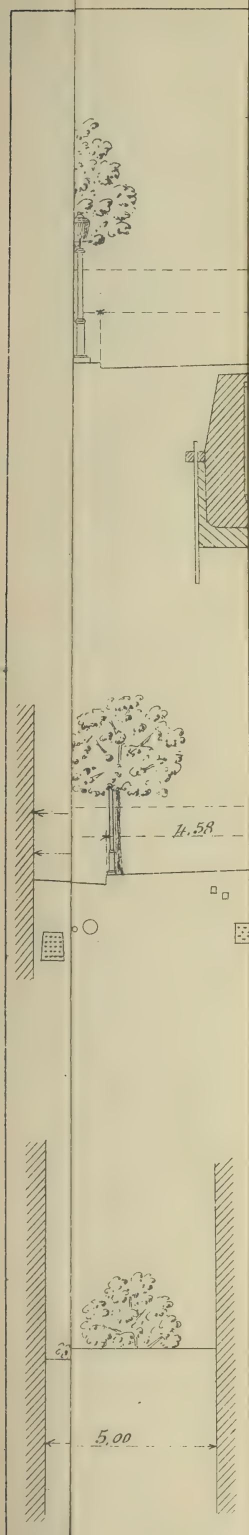
On place la canalisation dans les rues pourvues de contre-allées, aussi près que possible de ces allées.

On a aussi tenté, à titre d'expérience, de laisser au-dessus des canalisations, des fissures de 0 m. 05 de large dans le pavé tous les 3 ou 4 mètres et de remplir ces fissures de gros sable; mais on n'a pas observé de bons résultats, probablement à cause de l'obstruction des fissures.

Budapest, le 28 *Novembre* 1909

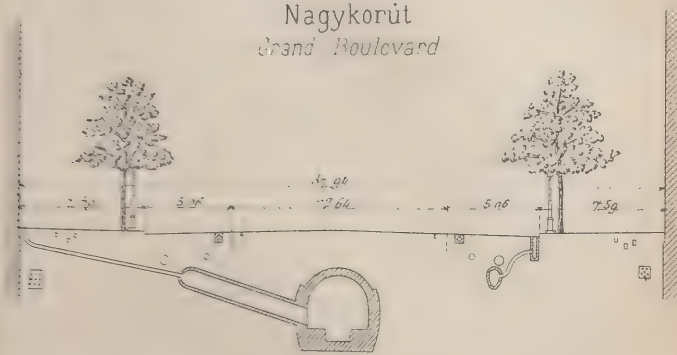
Joseph MIHÁLYFI,
Conseiller technique de la ville de Budapest.
Didier JÁSZ,
Conseiller technique des Travaux Publics.

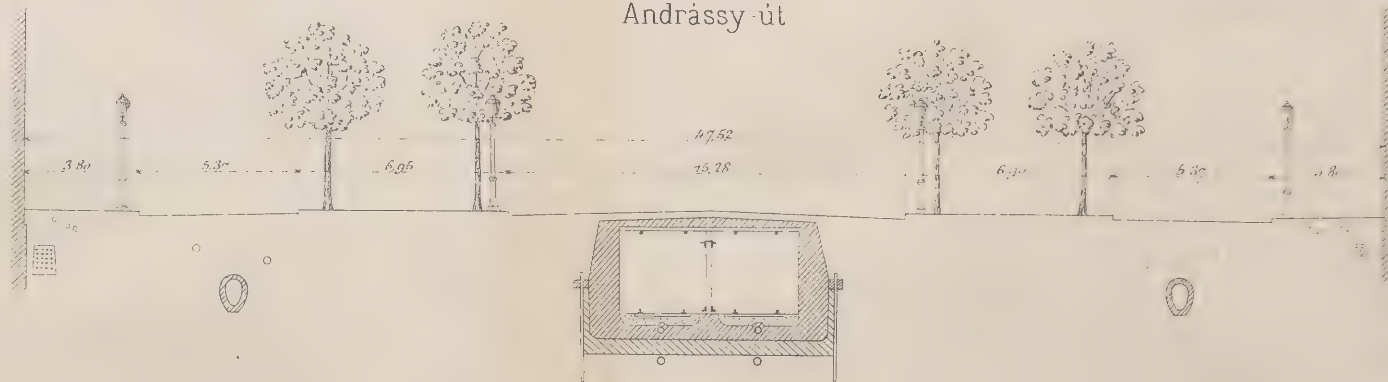
65628. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

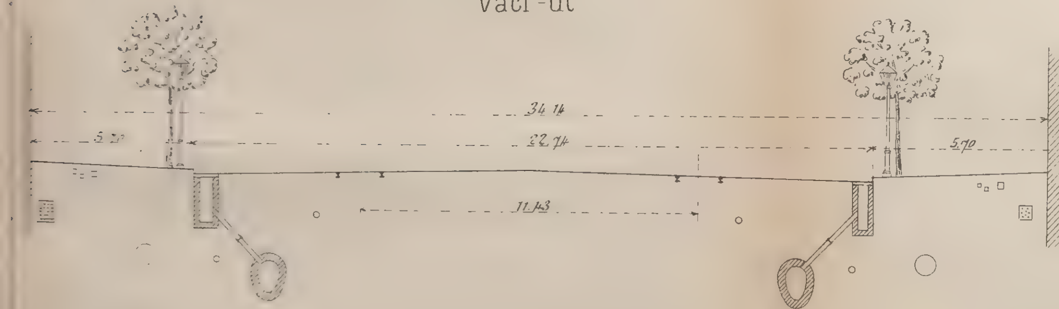


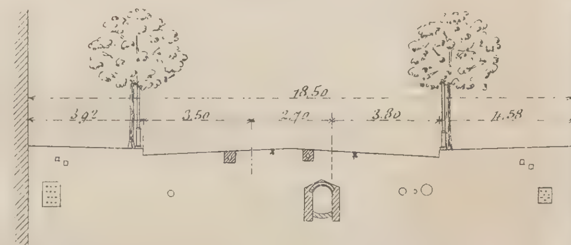
14.58
5.00

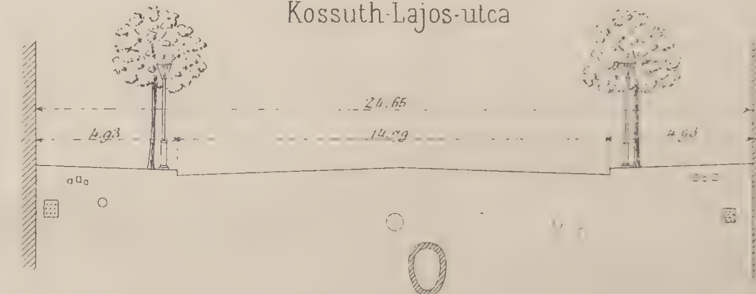
BUDAPEST

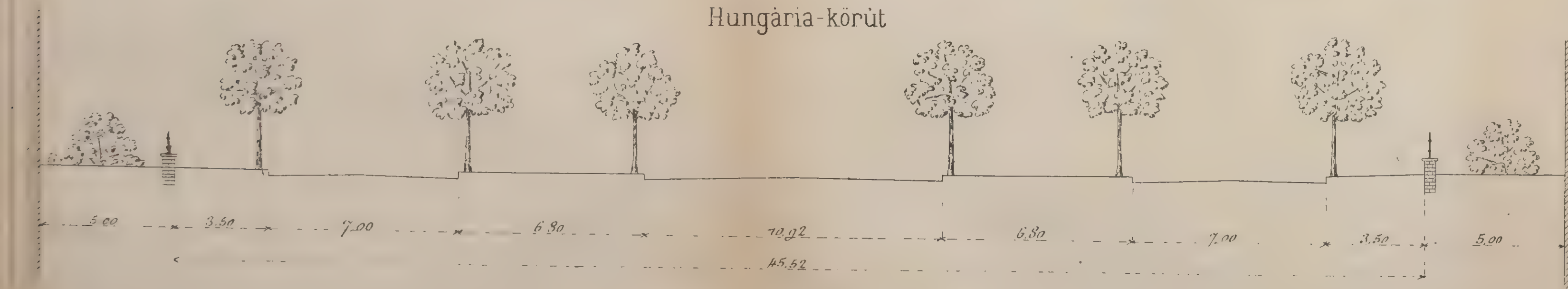


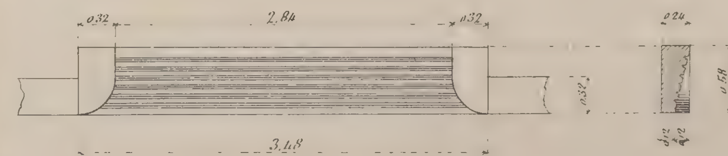












Mihalyfi, 6º q.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES CONGRÈS DE LA ROUTE

IIᴱ CONGRÈS – BRUXELLES – 1910

1. Section : Construction et Entretien
Sous-Section B : Construction et Entretien
dans les grandes villes
6. Question

MODE D'EXÉCUTION
DES TRAVAUX DE VOIRIE, D'ÉCLAIRAGE
ET D'ADDUCTION D'EAU

RAPPORT

PAR
WALLAND
Ingénieur des Travaux Publics de la Ville de La Haye

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9
—
1910

MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE VOIRIE DANS LES GRANDES VILLES

(En présence de voies de tramways).

Quiconque s'intéresse à l'entretien des pavages sait que la présence des tramways dans les rues augmente les difficultés de cet entretien, car les rails des tramways divisant la chaussee, dans sa largeur, en différentes sections pour ainsi dire séparées, forment ainsi, partout où le pavé touche les rails, des endroits vulnérables et il en résulte que, sur la partie de la rue où se trouvent les rails, le bombement normal de la surface ne peut se maintenir, ce qui empêche l'écoulement rapide des eaux pluviales.

L'application de la force motrice électrique, amenant une énorme pression des roues des voitures du tramway et un trafic presque incessant, a fait ressortir avec plus d'évidence encore les difficultés énoncées ci-dessus.

De 1904 à 1906, le réseau des tramways à La Haye a subi une extension très importante, principalement dans le but de relier les nouveaux quartiers avec le centre de la ville et la station balnéaire de Scheveningue. Afin de garantir une communication rapide, on partit du principe qu'il fallait construire une double voie partout où cela était possible.

Cette extension eut pour résultat l'introduction de la force motrice électrique au moyen du système aérien. Les roues des voitures du tramway atteignirent une pression de 3 500 kilogrammes et un écartement de 1 m. 80.

Le réseau de tramways à exploiter, créé de cette façon, eut une longueur totale de 83 538 mètres. La plupart des voies devaient être posées dans des rues pavées de pierres ou de briques sur une couche de sable.

Une longueur de 1 500 mètres seulement se trouvait dans des rues asphaltées, où l'asphaltage et la pose des rails se faisaient simultanément.

On choisit, comme étant le profil le mieux approprié, le rail à ornière Phönix, haut de 178 millimètres avec une largeur de base de la même dimension. Les rails devaient avoir une longueur de 15 mètres et être joints les uns aux autres par des *éclisses* de 800 millimètres de longueur avec six trous à boulons. Près des éclisses, les rails furent posés aussi près que possible les uns contre les autres, sans aucun espace intermédiaire et, après la pose de la voie, on lima la surface supérieure des rails, afin d'obtenir une surface de roulement parfaitement unie et d'éviter ainsi, autant que possible, les chocs.

Le sol de La Haye est presque partout solide et sablonneux. Dans l'ancienne partie de la ville, ce sol a obtenu, par suite de la circulation, plus de densité que dans les quartiers de construction plus récente. Pourtant, considérant la raideur considérable et la grande largeur de base du profil des rails, on a admis que le sol était partout assez dense pour poser les rails sur le terrain sablonneux sans appareils spéciaux, partout où ils devraient être placés dans des pavages en pierres ou en briques.

Cette manière de procéder procurait, en outre, l'avantage additionnel que la pose des rails pouvait se faire rapidement et sans empêcher la circulation ordinaire, ce qui était d'une grande importance, attendu que le réseau des tramways avait été projeté sur une grande longueur dans les artères principales.

Cependant, on ne se dissimulait pas que, dans les premières années, il serait constamment nécessaire de rehausser les rails à la hauteur voulue, mais on espérait que ce travail serait moins coûteux que de donner aux rails des fondations solides, et que, peu à peu, les travaux nécessaires pour tenir les rails à la dite hauteur, deviendraient moins fréquents.

On n'a pas été déçu dans cette attente. Si l'on avait construit sous les rails, du béton d'une épaisseur de 15 centimètres avec une couche d'asphalte coulé au-dessous de la base des rails, les frais se seraient élevés à environ 1 100 000 florins (1 florin vaut 2 francs). Pour le capital, converti ainsi en travaux, il aurait fallu payer, au taux de 4 p. 100, une rente

annuelle de 44 000 florins. En outre, ces fondations auraient été sujettes à détériorations, et on aurait dû s'attendre à ce que, dans un délai plus ou moins long, une nouvelle couche d'asphalte coulé aurait été nécessaire, ce qui aurait amené des frais assez importants.

Ainsi que cela ressort du tableau ci-dessous, les frais nécessaires pour rehausser la voie du tramway, se sont élevés en 1907 (première année de l'exploitation totale du nouveau réseau de tramways) à la somme de 29 276 florins, de beaucoup inférieure au montant qu'il aurait fallu pour le payement de la rente.

Ce même tableau prouve aussi que le besoin de rehausser les rails va en diminuant.

ANNÉES	Mètres de voie en exploitation	Mètres de voie rehaussée	0/0	Frais
1907	83.538	41.734	± 50	29.276 fl.
1908	83.538	26.14	± 31	14.668 —
1909	83.538	20.750	± 25	11.648 —

La figure 1 montre de quelle manière les rails sont posés dans une chaussée de pierres ou de briques. Cette figure fait voir aussi qu'on pose le long des rails une rangée de pavés, nommés pierres de bordure.

On sait que la circulation des voitures et des charrettes se fait habituellement sur la voie des tramways de telle façon que les roues courent sur la surface des rails. L'écartement de ces véhicules ne correspondant pas exactement avec celui des voitures du tramway et les véhicules étant souvent obligés de se ranger, il leur est impossible de rester toujours sur les rails de sorte que les pavés, en contact direct avec les rails, ont beaucoup à supporter. Il fallait donc que ces pavés fussent très durs: c'est pourquoi on fit choix de pavés de porphyre, provenant des carrières de Quénast, en Belgique.

On continue à se servir de ceux qui s'employaient déjà à La Haye et qui avaient 13×20 centimètres, et une hauteur de 12 à 14 centimètres.

Dans les rues pavées en briques de 5×21 centimètres sur 10 centimètres de hauteur, on considérait les pierres de bordure comme une bonne transition entre la surface des rails et le pavé de briques, vu qu'on craignait que la pose des briques immédiatement contre les rails ne donnât lieu à de fréquents affaissements et à la rupture des briques.

Le système des pierres de bordure qui vient d'être décrit a donné de bons résultats; c'est pourquoi on a continué de l'appliquer. Cependant, il est absolument nécessaire, avant de poser les pierres de bordure, de consolider, en le pilonnant soigneusement, le terrain sur lequel on les pose; le pavage se joint alors à ces pierres.

Bien que, naturellement, l'entretien des pavages en pierres, et en briques dans les rues, où se trouvent des tramways, soit plus étendu et plus coûteux que celui des rues où les tramways ne passent pas, on peut dire qu'en suivant le système décrit ci-dessus, on n'a pas été amené à y apporter des modifications. Grâce à ce système, les frais de construction du réseau de tramways ont été aussi minimes que possible, l'entretien des voies a été facilité et obtenu à peu de frais et l'état du pavage satisfait à des exigences raisonnables.

Il est évident, d'après ce qui précède, qu'on a réussi à construire d'une manière satisfaisante des pavages de pierres et de briques. Il n'en est pas de même des rues où les rails ont dû être posés dans un pavage d'asphalte. Cela a dû se faire sur une longueur de 1 500 mètres; la pose des rails et le pavage à l'asphalte ont eu lieu simultanément.

Voici de quelle manière on a procédé :

Après avoir creusé la fondation à la profondeur requise et l'avoir profilée, on a construit la couche de béton partout où devait venir la voie du tramway. Cette couche étant suffisamment durcie au bout de cinq ou six jours, les rails ont été posés et portés à la hauteur voulue au moyen de billots (1) en bois à des intervalles de 2 mètres, de façon que la distance entre la surface de la couche de béton et la base du rail fût de 3 centimètres. Ensuite, on a entouré la semelle du rail d'une couche d'asphalte coulé (composition : dix parties de mastic d'asphalte, six à sept parties de bitume et vingt-cinq parties de gravier). Enfin, on a couvert la rue, dans toute

(1) Voir planche annexée, figure 6.

sa largeur, d'une couche de béton à la hauteur requise et posé le pavage qui, dans la voie du tramway, était composé d'asphalte coulé (de la composition indiquée ci-dessus) d'une épaisseur de 3 centimètres. Le long des rails, on a posé de chaque côté, des billots de bois dur d'Australie (dimensions : 8×20 centimètres, hauteur 10 centimètres). Hors de cette voie, on s'est servi d'asphalte comprimé.

Les travaux, dans les rues désignées, ont été achevés dans l'été de l'année 1905.

La figure 2 en représente le mode de construction.

Déjà, dans l'été de l'année 1908, on s'aperçut que, par places, les rails étaient quelque peu détachés, c'est-à-dire qu'ils se mouvaient en sens vertical au passage d'une voiture du tramway. Au début, ce défaut était peu important et ne se manifestait qu'après des pluies quand, au moment où les rails étaient chargés, l'eau jaillissait entre la surface des rails et les billots.

Peu à peu, le nombre d'endroits où ce défaut se manifestait, augmenta et le détachement des rails s'accentua. En outre, les billots ne tardèrent point à s'affaisser du côté où ils touchaient les rails; ils tombèrent par conséquent dans une position oblique, attendu qu'ils restèrent à leur hauteur du côté où ils adhéraient à l'asphalte.

Des endroits défectueux situés dans les parties en contact avec les billots ne tardèrent pas à se montrer dans l'asphalte.

En ouvrant une section de rail, on s'aperçut que la couche d'asphalte coulé n'adhérait plus complètement autour du rail; au-dessous et au-dessus de la base du rail s'était formé, entre cette couche d'asphalte et le rail, un tout petit espace (fig. 3) couvert, ainsi que la base du rail, d'une légère couche de limon. En outre, une petite quantité d'eau s'était introduite dans cet espace, que nous nommerons creux; le béton inférieur se trouva être en bonne condition.

Le même défaut se montra plus tard, lorsqu'on ouvrit une section de 150 mètres de longueur, il n'y avait guère d'endroits où la couche d'asphalte coulé adhérait aux rails. Les billots sur lesquels la voie avait été posée au commencement ne montraient aucun aplatissement et étaient en bon état.

On avait remarqué, dès le début, que dans les endroits où l'eau pouvait facilement s'écouler, par exemple sur une pente longitudinale, le détachement des rails, s'il était pos-

sible de le constater, était réduit à de minimes proportions et n'exerçait aucune influence fâcheuse sur le pavage adjacent. Cette circonstance, ajoutée à ce qu'on avait observé en enlevant les rails détachés, fit adopter l'explication suivante comme la plus acceptable.

Quand un tramway roule sur les rails, il exerce sur ceux-ci une pression verticale, transférée immédiatement, par la base des rails, sur la couche d'asphalte coulé qui se trouve au-dessous.

Aux endroits où il y a des inégalités dans la surface à parcourir, c'est-à-dire aux joints, il se produit aussi des chocs. La fréquence du trafic journalier produit une légère compression de la couche d'asphalte, et cette compression occasionne le creux nommé ci-dessus entre la base du rail et la couche d'asphalte coulé. Une circonstance qui ne doit pas nous étonner, c'est que c'est aux joints que les rails commencent à se détacher.

Ce qui empêche de calculer avec exactitude la pression, par mètre carré, sur la couche d'asphalte coulé, c'est le nombre trop considérable d'inconnues, attendu qu'on ignore comment la répartition de la pression a lieu, aussi bien dans la direction de la longueur que dans celle de la largeur. Ce n'est que par approximation que l'on peut évaluer la force de cette pression.

Si l'on suppose, à cet effet, que la pression se propage sous un angle de 60°, elle se divise (fig. 4 et 5) dans la largeur sur AB et dans la longueur sur CD et on trouve pour la pression exercée par centimètre carré sur la couche d'asphalte :

$$\frac{3500}{8 \times 62} = \pm 7 \text{ K. G.}$$

Quoiqu'il ne faille pas perdre de vue que ce chiffre ne représente qu'une approximation grossière, il donne cependant une idée de la pression exercée et permet d'en conclure que, probablement, l'aplatissement de la couche d'asphalte coulé est dû à la charge en sens vertical et à l'effet des chocs.

La détérioration commence aussitôt qu'un creux s'est formé entre la couche d'asphalte coulé et le rail. Car la couche d'asphalte forme alors autour du rail, un bassin à parois imperméables, de sorte que l'eau qui y a pénétré, y reste. L'eau qui se répand dans la rue et qui ne coule pas de

suite dans les égouts, doit chercher une autre issue; elle imprègne les billots ou descend entre eux et pénètre dans le béton qui est dessous, ou bien elle coule dans le creux formé sous les rails.

Il est probable que les rails, montant et descendant alternativement en sens vertical, exercent alors une action aspirante. Chaque fois qu'une charge pèse sur les rails, l'eau qui s'est amassée dans le creux en est rejetée avec force; elle s'élève en partie le long du corps des rails, est pressée entre les billots et les rails jusque sur le pavage et aussi probablement en partie dans le béton adhérant aux rails, car, en dépavant la voie, on s'est aperçu que ce béton avait très peu de consistance et était imprégné d'eau.

L'eau rejetée sur la rue, disparaît immédiatement sous le rail, quand la pression sur ce rail a cessé; on dirait qu'elle subit une action d'aspiration vers le bas. Cependant, le mouvement que fait le rail en sens vertical a encore un autre effet. Il le communique aux billots serrés contre la tête du rail et au béton y adhérant. Il est donc naturel que de cette manière les coins ne tardent pas à perdre leur position fixe et que la mince couche de béton qui les porte ne peut plus résister, dans les endroits où elles touche les rails, à la violence qu'exerce sur elle le trafic des voitures et des charrettes. Celles-ci brisent le béton et il en résulte nécessairement que les billots s'affaissent en sens oblique (fig. 6). Par conséquent, il se forme le long des rails une espèce de ruisseau. Celui-ci empêche l'écoulement de l'eau de pluie et d'arrosage qui s'y dépose, et qui, si on ne l'éloigne pas, ne peut disparaître que par infiltration. De cette façon, elle pénètre en partie dans le creux formé sous les rails.

Outre que les billots et le béton confinant aux rails sont saturés d'eau, il s'amasse donc dans ce creux surtout en temps de pluie, une quantité considérable d'eau qui, à chaque passage d'un tramway, jaillit dans toutes les directions.

Cette eau devra donc chercher une issue, non seulement en haut, mais aussi le long des rails, et à partir de l'endroit ou le rail a commencé à se détacher, il se forme peu àpeuun vide entre la couche d'asphalte et la base du rail.

Ainsi que nous venons de le décrire, le rail qui d'abord ne s'était détaché qu'en un seul endroit, sera séparé de la couche d'asphalte coulé dans toute sa longueur et finira par

perdre sa fixité. La charge qu'il supporte et l'effet désastreux exercé par l'eau en sont cause.

De ce qui vient d'être dit, on peut conclure qu'il est impossible de conserver en bon état le pavage longeant des rails détachés. De constantes réparations y sont nécessaires sans résultat définitif. On ne peut s'attendre à un succès décisif que lorsque les rails auront été immobilisés.

Il a déjà été dit qu'en général, c'est près des joints que, probablement par suite des secousses qui s'y produisent, l'on commence à s'apercevoir que les rails se détachent.

Afin d'atténuer autant que possible la violence des chocs, il est donc nécessaire de consolider le joint au moyen de longues et fortes éclisses et d'avoir soin que les ornières des rails qui se raccordent correspondent parfaitement. En second lieu, aussitôt qu'on s'aperçoit qu'un rail se détache, il importe — si l'on veut éviter les frais qu'occasionnerait un nouveau coulage d'asphalte sous les rails, ce qui ne pourrait se faire sans enlever d'abord les rails et les remettre ensuite à leur place — de fixer ce rail aussitôt que possible. De cette manière, on fera durer le tout beaucoup plus longtemps.

L'expérience acquise par suite du mode de construction suivi jusqu'ici en cette ville et décrit ci-dessus, a été cause qu'on a songé à adopter, pour l'avenir, une autre manière de poser les rails.

Récemment, quand il a fallu modifier leur situation dans une rue asphaltée, on a employé une autre construction à l'instar de la méthode suivie à Amsterdam.

On ne coule plus de couche d'asphalte sous les rails, mais on les pose sur une poutre en bois de chêne, ayant la largeur de la base du rail et une épaisseur de 4 centimètres. Cette poutre est solidement fixée aux rails au moyen de crampons en fer, après quoi ceux-ci ayant été posés à la hauteur voulue, on achève la couche de béton qui se trouve dessous et qu'on applique de manière qu'il adhère parfaitement à la poutre.

Comme on attache beaucoup d'importance à la fixité des rails et qu'on considère les endroits où sont les joints comme étant les plus vulnérables, on pratique des ancrages dans le béton. Les figures 7, 8, 9 représentent les constructions que nous venons de décrire.

Dans les rues où il est nécessaire de fixer les rails qui se

sont détachés et où, pour des motifs quelconques, ce dernier mode de construction ne peut pas être adopté, on a recours au coulage de la couche d'asphalte, mais en augmentant considérablement le nombre de billots sur lesquels est posée la voie; on les met à des intervalles de 50 centimètres au lieu de 2 mètres.

Par cette mesure, on espère améliorer la construction.

Pour terminer, on peut dire en quelques mots que l'introduction d'asphalte coulé et de coins entre les rails, et d'asphalte comprimé sur les côtés (fig. 2) n'est pas satisfaisante sous tous les rapports. Elle donne à la rue un revêtement composé de trois matériaux de qualité et de dureté différentes, savoir : du bois, de l'asphalte coulé et de l'asphalte comprimé. Ceux-ci sont attaqués de diverses manières, selon leur nature, par la circulation des voitures et des charrettes, de sorte qu'ils se détériorent aux endroits où ils se raccordent. Il est évident que ces circonstances empêchent l'écoulement de l'eau et nuisent à l'entretien du pavage.

Conclusions.

1° En posant des rails de tramways dans un pavage en pierre ou en brique sur une couche de sable, il est inutile de prendre des mesures spéciales pour la fondation des rails, si le sous-sol est suffisamment solide.

2° En posant des rails de tramways dans des pavages d'asphalte ou de bois, il faut faire choix d'un mode de construction qui empêche les rails de jouer en sens vertical quand ils sont chargés; aux endroits où il y a des joints, les rails doivent être très solidement fixés.

3° Il faut en tout cas faciliter l'écoulement de l'eau tombant sur le pavage.

4° Le pavage de la rue doit être composé, autant que possible sur toute sa largeur, d'une seule espèce de matériaux, même là où se trouvent les rails.

WALLAND.

65567. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

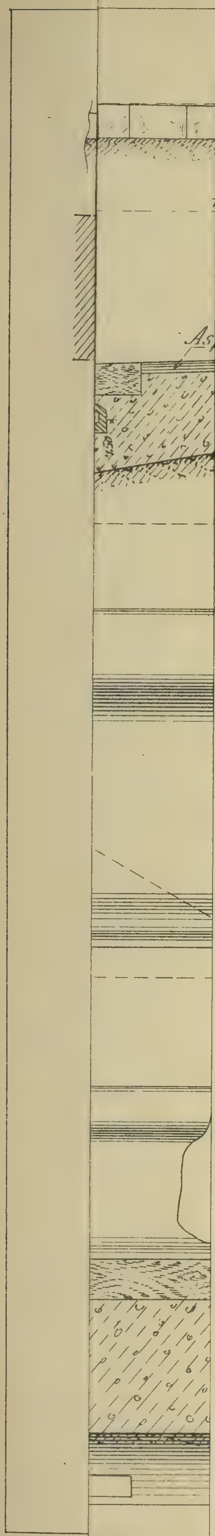


Fig. 1.

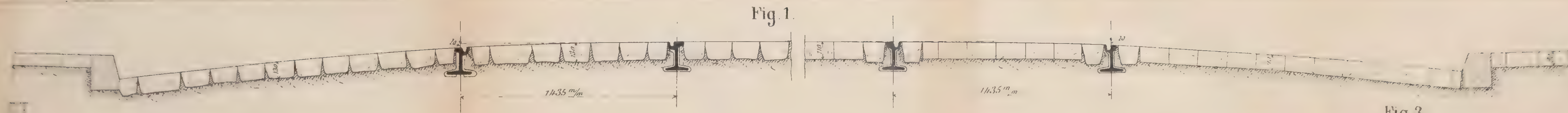


Fig. 2

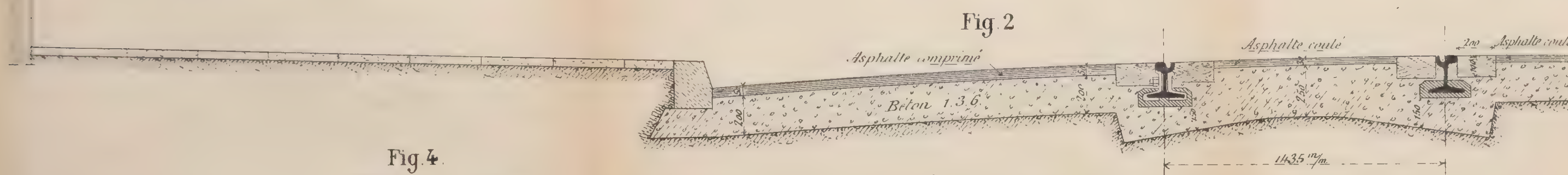


Fig. 3

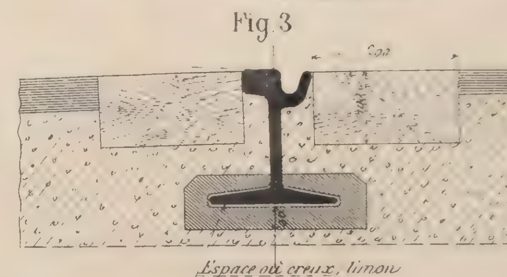


Fig. 4.

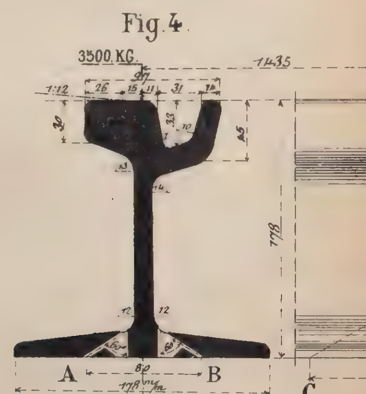


Fig. 5

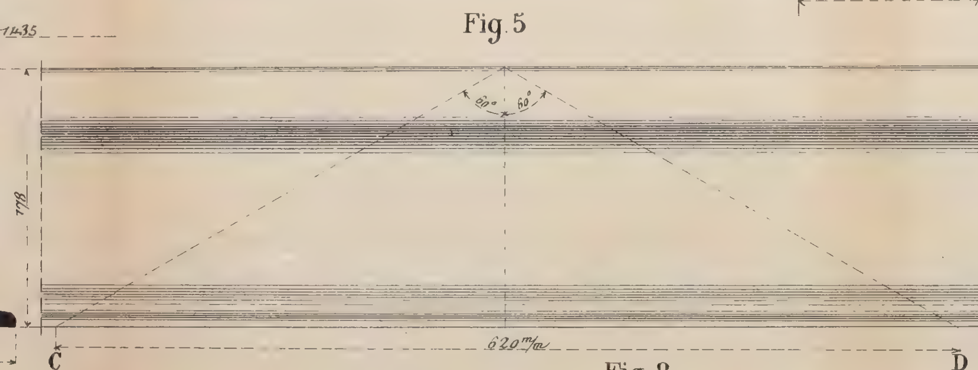


Fig. 6.

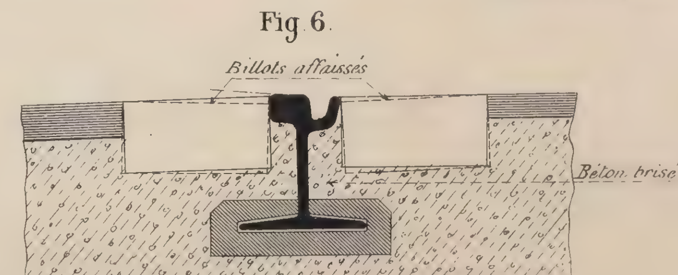


Fig. 7.

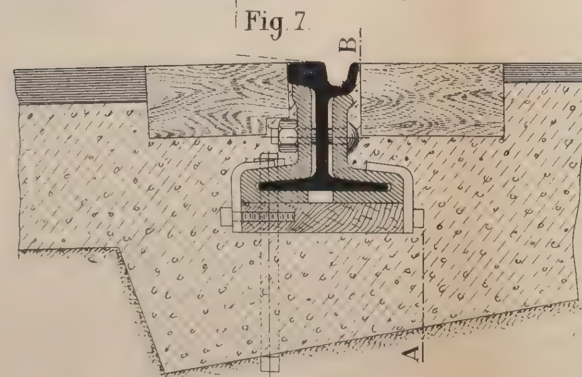


Fig. 8
Coupe AB

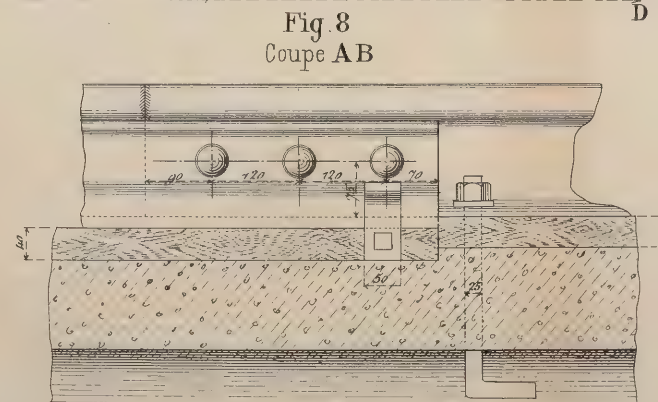
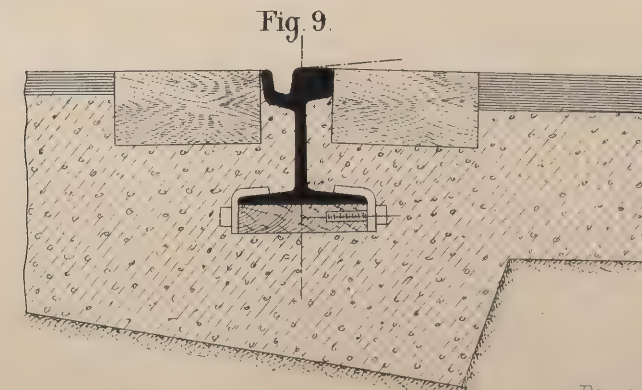


Fig. 9.



Rapport Walland

6e 9

Sous-section B — Construction et entretien dans les grandes villes

4e QUESTION

Nettoiement et arrosage. Nécessité ou utilité. Moyens employés. Prix de revient. Comparaison avec d'autres procédés.

IV. — Rapporteur Général : **M. LOPPENS**,
Ingénieur du Service technique provincial, Liége.

	N° d'ordre des Rapports	
ALLEMAGNE	30	**Höpfner**, Stadtbaurat und Königlicher Baurat, Cassel.
AUTRICHE	31	**Kellner**, Stadtbaudirektor, Brunn.
ESPAGNE	32	**Spiteri**, Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos, Malaga
FRANCE	33	**Bret**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Paris.
Gde-BRETAGNE	34	**Yabbicom**, M. Inst. C. E., City Engineer, Bristol.
HONGRIE	35	**Balló**, Sous-chef des Antes für allgemeine Reinlichbkeit der Stadt, Budapest.
MONACO	36	**Berthet**, Conseiller d'État, Directeur des Travaux Publics, Monaco.
NORVÈGE	37	**Roshaûw**, Directeur du Service de la Voirie, Christiania.

5e QUESTION

Choix du Mode de Revêtement.

V. — Rapporteur Général : **M. LEMEUNIER**, Ingénieur en chef,
Directeur du Service de la Voirie, Anvers.

	N° d'ordre des Rapports	
ALLEMAGNE	38	**Bredtschneider**, Stadtbaurat, Charlottenburg; **Hörburger**, Bauamtmann, Munich; **Eisenlohr**, Stadtbaudirektor und Beigeordneter, Strasburg; **Fleck**, Stadtbaurat, Dresde.
BELGIQUE	39	**De Jaegere**, Ingénieur civil, Anvers.
ÉGYPTE	40	**Lloyd-Davies**, Chief Engineer to the Municipality of Alexandria.
ESPAGNE	41	**Lafarga**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Alicante.
ÉTATS-UNIS	42	**Rablin**, Chief Engineer, Metropolitain Park Commission, Boston.
FRANCE	43	**Mazerolle**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Paris.
Gde-BRETAGNE	44	**Crompton**, C. B., Royal Automobile Club, London.
	45	**Gullan**, Superintendant of the Works Department of the City and County Borough of Belfast.
HONGRIE	46	**Fock et Menczer**, Ingénieurs en chef, Budapest.
ITALIE	47	**Cattaneo**, Ingénieur de la Municipalité, Milan.
SUISSE	48	**Wenner**, Stadtingenieur et **Schlaepfer**, Strasseninspektor, Zurich.

6e QUESTION

Mode d'exécution des travaux de voirie, d'éclairage et d'adduction d'eau.

VI. — Rapporteur Général : **M. FOURMANOIS**,
Ingénieur du Service technique provincial du Brabant, Bruxelles.

	N° d'ordre des Rapports	
ALLEMAGNE	49	**Peters**. Stadtbaurat, Magdebourg; **Steuernagel**, Stadtbaurat, Cologne; **Von Scholtz**, Stadtbaurat, Breslau; **Von Montigny**, Stadtbaurat, Aix-la-Chapelle; **Hentrich**, Stadtbaurat, Crefeld.
BELGIQUE	50	**Lemeunier**, Ingénieur en chef et **De Heem**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Anvers.
FRANCE	51	**Lidy**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Bordeaux.
Gde-BRETAGNE	52	**Silcock**, Past-President of the Society of Engineers, Westminster, London.
HONGRIE	53	**Mihályfi** et **Jász**, Conseillers techniques, Budapest.
PAYS-BAS	54	**Walland**, Ingénieur des Travaux Publics de la Ville de La Haye.

